This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

TP
245
N8K3

UC-NRLF
$B 276 523

Aus Natur und Geisteswelt

Sammlung [illegible]

K. Kaiser

Der Luftstickstoff
und seine Verwertung

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig

YB 15416

GIFT OF

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
LVX
FIAT
MDCCCLXVIII

EX LIBRIS

Ein vollständiges [illegible] „Aus Natur und Geisteswel[illegible]eses Bandes.

AMuG allg. 400 : 610

Die Sammlung
„Aus Natur und Geisteswelt"

die nunmehr auf ein mehr denn zehnjähriges Bestehen zurückblicken darf und jetzt über 350 Bände umfaßt, von denen 70 bereits in zweiter bis vierter Auflage vorliegen, verdankt ihr Entstehen dem Wunsche, an der Erfüllung einer bedeutsamen sozialen Aufgabe mitzuwirken. Sie soll an ihrem Teil der unserer Kultur aus der Scheidung in Kasten drohenden Gefahr begegnen helfen, soll dem Gelehrten es ermöglichen, sich an weitere Kreise zu wenden, dem materiell arbeitenden Menschen Gelegenheit bieten, mit den geistigen Errungenschaften in Fühlung zu bleiben. Der Gefahr, der Halbbildung zu dienen, begegnet sie, indem sie nicht in der Vorführung einer Fülle von Lehrstoff und Lehrsätzen oder etwa gar unerwiesenen Hypothesen ihre Aufgabe sucht, sondern darin, dem Leser Verständnis dafür zu vermitteln, wie die moderne Wissenschaft es erreicht hat, über wichtige Fragen von allgemeinstem Interesse Licht zu verbreiten. So lehrt sie nicht nur die zurzeit auf jene Fragen erzielten Antworten kennen, sondern zugleich durch Begreifen der zur Lösung verwandten Methoden ein selbständiges Urteil gewinnen über den Grad der Zuverlässigkeit jener Antworten.

Es ist gewiß durchaus unmöglich und unnötig, daß alle Welt sich mit geschichtlichen, naturwissenschaftlichen und philosophischen Studien befasse. Es kommt nur darauf an, daß jeder Mensch an einem Punkte sich über den engen Kreis, in den ihn heute meist der Beruf einschließt, erhebt, an einem Punkte die Freiheit und Selbständigkeit des geistigen Lebens gewinnt. In diesem Sinne bieten die einzelnen, in sich abgeschlossenen Schriften gerade dem „Laien" auf dem betreffenden Gebiete in voller Anschaulichkeit und lebendiger Frische eine gedrängte, aber anregende Übersicht.

Freilich kann diese gute und allein berechtigte Art der Popularisierung der Wissenschaft nur von den ersten Kräften geleistet werden; in den Dienst der mit der Sammlung verfolgten Aufgaben haben sich denn aber auch in dankenswertester Weise von Anfang an die besten Namen gestellt, und die Sammlung hat sich dieser Teilnahme dauernd zu erfreuen gehabt.

So wollen die schmucken, gehaltvollen Bände die Freude am Buche wecken, sie wollen daran gewöhnen, einen kleinen Betrag, den man für Erfüllung körperlicher Bedürfnisse nicht anzusehen pflegt, auch für die Befriedigung geistiger anzuwenden. Durch den billigen Preis ermöglichen sie es tatsächlich jedem, auch dem wenig Begüterten, sich eine kleine Bibliothek zu schaffen, die das für ihn Wertvollste „Aus Natur und Geisteswelt" vereinigt.

Leipzig, 1910. **B. G. Teubner.**

Aus Natur und Geisteswelt
Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen
313. Bändchen

Der Luftstickstoff
und seine Verwertung

Von

Prof. Dr. Karl Kaiser

Mit 13 Abbildungen im Text

Druck und Verlag von B. G. Teubner in Leipzig 1910

TP245
N8K3

Copyright 1910
by B. G. Teubner in Leipzig.

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

A. I. L.

Vorwort.

Unter den chemisch-technischen Aufgaben der Gegenwart nimmt das Problem der Bindung des atmosphärischen Stickstoffes wohl den ersten Rang ein. Seit einem Jahrzehnt etwa wird in Tages- und Fachzeitungen auf die Gefahr hingewiesen, die der Menschheit aus der in absehbarer Zeit zu erwartenden Erschöpfung der südamerikanischen Salpeterlager droht. In zahlreichen wissenschaftlichen und technischen Laboratorien wird aufs eifrigste gearbeitet, um die unerschöpfliche Stickstoffquelle unserer Atmosphäre den Bedürfnissen der Landwirtschaft und der chemischen Industrie dienstbar zu machen. Die erzielten Erfolge haben bereits zu sehr umfangreichen industriellen Anlagen geführt, in denen viele Millionen Mark investiert sind.

Der Aufforderung des Teubnerschen Verlages, den Gegenstand in einem Bändchen ihrer Sammlung „Aus Natur und Geisteswelt" zu behandeln, bin ich in der Weise nachgekommen, daß ich versucht habe, die Bedeutung des Stickstoffes für die Welt des Lebendigen allgemeinverständlich vorzutragen und die Mittel und Wege anzugeben, die dazu dienen können, der angedeuteten Gefahr zu begegnen. Ich habe mehr Gewicht darauf gelegt, die theoretischen Grundlagen der Stickstoffbindung zu erläutern, als alle bereits erfundenen Verfahren vollständig zu beschreiben und hoffe dem Leserkreise der Sammlung dadurch am besten zu dienen.

Wilmersdorf, im Januar 1910.

Karl Kaiser.

287092

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung 1

Erstes Kapitel.

Der Stickstoff im Haushalte der Natur 3

Zweites Kapitel.

Die Stickstoffquellen 12

a) Salpeter 13
b) Ammoniumsulfat 20
c) Guano 23
d) Atmosphärischer Stickstoff 24

Drittes Kapitel.

Die Stickstoffverbrennung 26

a) Die Theorie der Stickstoffverbrennung 26
b) Die Praxis der Luftstickstoffverbrennung 40

Viertes Kapitel.

Die Bildung von Ammoniak aus atmosphärischem Stickstoff 63

Fünftes Kapitel.

Zyanidverbindungen aus atmosphärischem Stickstoff . . 67

Sechstes Kapitel.

Stickstoffbindung durch Bakterien 74

Siebentes Kapitel.

Wirtschaftliches 85

Sachregister 97

Verzeichnis der Abbildungen 102

UNIV. OF CALIFORNIA

Einleitung.

Industrie und Landwirtschaft, die beiden ökonomischen Grundpfeiler jedes Kulturstaates, bedürfen zu ihrem Betriebe bestimmter Rohstoffe, die sich auf oder in der Erde finden. Ohne Kohle und Eisen wäre unsere heutige Industrie undenkbar. In immer gewaltigeren Mengen werden diese Stoffe dem in der Erdrinde verborgenen Vorrate entnommen, um tausendfältigen Zwecken zu dienen. Hin und wieder taucht wohl die Frage auf, was wird geschehen, wenn einmal diese Vorräte erschöpft sein werden? Welche Energie kann die Arbeitskraft der Kohle ersetzen, woraus sollen Maschinen und Geräte hergestellt werden, wenn das letzte Eisenerz im Hochofen mit der letzten Kohle verarbeitet worden ist? Arbeitsfrohe und tatkräftige Menschen kümmern sich nicht gern um Sorgen, die spätere Generationen belasten werden, ihre Schaffenslust findet reichliche Befriedigung in den Forderungen des Tages. Es wird noch Jahrhunderte dauern, ehe die Erde ihren Reichtum an Kohle und Eisen hergegeben hat, und es unterliegt kaum einem Zweifel, daß es den Forschern jener Zeit gelingen wird, den notwendigen Ersatz zu schaffen. Wissen wir doch aus den Entdeckungen des letzten Jahrzehntes, daß in den Metallen noch ungeheure Energiemengen schlummern, die wir nur zu wecken brauchen, um reicher zu sein als bisher. Wenn wir die Mittel besäßen, den sich mit unendlicher Langsamkeit vollziehenden Zerfall der Metalle beliebig zu beschleunigen, so würden wir, wie Marckwald hervorhebt, imstande sein, mit einem Kilo Blei einen Schnelldampfer über den Ozean zu führen.

Viel näher liegt uns eine andere ähnliche Sorge, die nicht nur einen bedeutenden Teil der Industrie, sondern vor allem die Landwirtschaft aufs ernsthafteste bedroht. Es ist allgemein bekannt, daß der Landwirt, um ergiebige Ernten zu erzielen, seinen Feldern und Äckern diejenigen Substanzen ersetzen muß, die den Pflanzen als Nahrungsstoffe dienen und dem Boden entnommen werden. Die ausgiebige und zweckmäßige Düngung des Kulturbodens

ist die wichtigste Arbeit des Landwirtes. Unter den Pflanzennährsalzen, die als Dünger verwertet werden, nimmt der Salpeter eine besondere Stellung ein, weil er vollkommen unersetzlich ist. Es bedarf nur der Angaben, daß Deutschland im Jahre 1907 gegen 600 000 metrische Tonnen Salpeter im Werte von ca. 130 000 000 M. aus Chile einführte und daß wir mit der zwei- bis dreifachen Menge imstande wären, das in Deutschland verzehrte Getreide auf eignem Boden zu gewinnen, um die ungeheure Bedeutung des Salpeters zu kennzeichnen. Nun kommt aus Amerika die bedrohliche Nachricht, daß die Salpetervorräte Chiles, die die ganze Welt mit ihrem unentbehrlichen Produkt versorgen, der Erschöpfung entgegengehen. Die Angaben über die noch vorhandenen Salpetermengen gehen freilich auseinander. Ob aber der Chilesalpeter schon in 30 bis 40 Jahren verbraucht sein wird oder noch einige Jahrzehnte länger vorhält, ändert nichts an der Größe und Nähe der Gefahr, da es nicht unmöglich ist, daß die Vereinigten Staaten von Nordamerika, deren Salpeterbedarf aus später darzulegenden Gründen außerordentlich schnell wächst, eines Tages erklären können, daß der amerikanische Salpeter nur für die Amerikaner da sei, und die Ausfuhr nach Europa verbieten.

Das Versiegen der Salpeterquellen Südamerikas wäre aber nicht nur für die Landwirtschaft von den bedenklichsten Folgen. Ein Fünftel etwa des in Deutschland eingeführten Salpeters geht in die chemischen Fabriken, für die der Chilesalpeter eins der wichtigsten Rohprodukte bildet. Alle wichtigen Explosivstoffe: Schwarzpulver, rauchloses Pulver, Schießbaumwolle, Dynamit können ohne Salpeter oder ohne die daraus gewonnene Salpetersäure nicht hergestellt werden; für die Fabrikation der Anilinfarben, vieler Arzneistoffe usw. ist der Salpeter ein unentbehrliches Erfordernis.

Es ist deshalb keine Übertreibung, wenn wir behaupten, daß die Auffindung eines Ersatzes für den Chilesalpeter gegenwärtig das wichtigste Problem bildet, dessen Lösung wir von Wissenschaft und Technik erhoffen.

Der wichtigste Bestandteil des Salpeters, auf dem seine Wirksamkeit und seine Bedeutung für Landwirtschaft und Industrie beruhen, ist der Stickstoff, ein farbloses, geruch- und geschmackloses Gas, das in unerschöpflicher Menge vorhanden ist, da die Atmosphäre, die Lufthülle, die unsern Erdball umgibt, zu vier Fünfteilen aus Stickstoff besteht. Der Stickstoff befindet sich in der Luft

in elementarer Form, d. h. er ist frei, nicht verbunden mit irgendeinem anderen chemischen Grundstoff. In dieser Form ist aber der Stickstoff für uns nicht verwertbar. Die Aufgabe besteht eben darin, den Luftstickstoff mit einem anderen Stoff chemisch zu verbinden. Geschieht die Verbindung mit dem anderen Hauptbestandteil der Luft, dem Sauerstoff, so führt das unmittelbar zu Salpetersäure. Das ist aber nicht unbedingt erforderlich, auch die Verbindung mit irgendeinem anderen Stoff würde durchaus genügen, da, einmal gebunden, der Stickstoff leicht in die für seine Verwendung geeignetste Form übergeführt werden kann.

Ehe wir nun dazu übergehen, die Wege zu schildern, auf denen man versucht hat, den trägen und widerspenstigen Stickstoff in die Verbindung mit anderen chemischen Grundstoffen zu zwingen, wollen wir zunächst einen Blick werfen auf die Rolle, die dem Stickstoffe im Haushalte der Natur zufällt. Erst dann werden wir ganz ermessen können, welch ungeheure Bedeutung die Lösung des Stickstoffproblems für die gesamte Menschheit besitzt.

Erstes Kapitel.

Der Stickstoff im Haushalt der Natur.

Die Welt des Lebendigen steht mit der unbelebten Natur im innigsten Zusammenhange. Beide unterliegen denselben Gesetzen und müssen diesen mit derselben Notwendigkeit gehorchen. Im ewigen Kreislaufe durchwandern die Stoffe Pflanzen, Tiere und Menschen, treten aus dem Lebendigen aus, um später wieder im Werden und Vergehen der Organismen tätig zu sein. Die Kohlensäure, die als Verbrennungsprodukt der Steinkohle aus dem Fabrikschlote in die Atmosphäre entweicht, wird von den Pflanzen aufgenommen, mit Hilfe des Blattgrüns zu Stärke, Zucker und anderen kohlenstoffhaltigen Substanzen verarbeitet, dient Tieren als Nahrung, deren Fleisch und Fett unsere Bedürfnisse befriedigen, um dann als Kohlensäure und in anderen Formen wieder ausgeschieden zu werden. Mit diesem Stoffwechsel ist ein Kraftwechsel verbunden. Die Kohle, die unter den Dampfkesseln zu Kohlensäure verbrennt, liefert die Kraft, mit der unsere Maschinen gewaltige Lasten bewegen und alle Arbeit verrichten, die wir von ihnen fordern. Indem wir die Kohle durch Verbrennung in Kohlensäure überführen, gewinnen wir die in ihr vorhandene Arbeitsfähigkeit, ihre Energie,

die zunächst als Wärme auftritt, um dann durch maschinelle Einrichtungen in Bewegung umgewandelt zu werden. Die Kohlensäure besitzt keine Arbeitsfähigkeit mehr, ihr Energiegehalt ist gleich Null. Der pflanzliche Organismus vermag die von ihm aufgenommene Kohlensäure wieder mit neuem Energiegehalt zu füllen, indem er sie unter eigener Arbeitsleistung zum Aufbau von Zucker oder der nah verwandten Stärke verwendet. Mit der Pflanze werden die von ihr gebildeten kohlenstoffhaltigen Substanzen von Tier und Mensch als Nahrung aufgenommen, in den Körpergeweben durch Verbrennung zu Kohlensäure und Wasser wieder ihres Energiegehaltes beraubt, der uns und die Tiere zu den mannigfaltigen, die Lebenserscheinungen ausmachenden Leistungen befähigt. Überall in der Natur, wo Arbeit geleistet wird, muß Energie zugeführt werden, die von den Arbeit verrichtenden Menschen oder Organismen in andere Formen übergeführt wird. Die grünen Pflanzen beziehen ihre Energie aus der Sonne, deren Licht sie befähigt, die durch Wurzeln und Blattorgane aufgenommenen Stoffe in jene anderen umzuwandeln, aus denen der Pflanzenkörper sich aufbaut. Alle anderen Organismen gewinnen ihre Arbeitsfähigkeit aus Stoffen, die einen hohen Energiewert besitzen. Diese Stoffe werden mit den Nahrungsmitteln in den Körper eingeführt und mit Hilfe des durch die Atmungsorgane aufgenommenen Sauerstoffs verbrannt. In diesem Sinne verhalten sich Menschen und Tiere wie Wärmekraftmaschinen, und ihre Arbeitsfähigkeit berechnet sich aus dem Verbrennungswert der aufgenommenen Nahrungsstoffe. Den Verbrennungswert einer Substanz erfahren wir dadurch, daß wir ihn verbrennen und die dabei entstehende Wärmemenge messen. Die Einheit der Wärmemenge, ihr Maß, ist die Kalorie, das ist diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, um die Temperatur von einem Liter Wasser um einen Grad Celsius (1^0 C) zu erhöhen. Wir sprechen deshalb auch von dem Kaloriewert einer Substanz und verstehen darunter die Anzahl Kalorien, die ein Gramm der Substanz bei seiner Verbrennung liefert. Die Verbrennung selbst ist ein chemischer Vorgang, der darin besteht, daß sich eine Substanz mit Sauerstoff verbindet. In der Chemie bezeichnet man den Vorgang der Verbrennung auch als Oxydation (Oxygenium = Sauerstoff). Die Verbrennung kann eine vollständige sein oder auch nicht. Ist sie vollständig, so besitzen die Verbrennungsprodukte keinen Energiegehalt mehr. Wird z. B. Kohlenstoff bei genügender Sauerstoffzufuhr verbrannt, so geht er vollständig in Kohlensäure

(CO_2) über, die die höchste Oxydationsstufe des Kohlenstoffes darstellt, also auch nicht weiter oxydiert, d. h. verbrannt werden kann. Bei nicht hinreichender Sauerstoffzufuhr entsteht bei der Verbrennung des Kohlenstoffes nicht Kohlensäure, sondern Kohlenoxydgas (CO). Dieses kann aber durch weitere Aufnahme von Sauerstoff zu Kohlensäure verbrannt werden, besitzt also noch einen bestimmten Energie- oder Verbrennungswert. Die bei der Verbrennung einer Substanz erzeugte Energie ist also gleich der Differenz der Verbrennungswerte der ursprünglichen Substanz und der Verbrennungsprodukte.

Die Substanzen, die im Menschen- und Tierkörper verbrannt werden und ihm als Energiequelle, als Nahrung dienen, bestehen im wesentlichen aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff. Um aber diese Aufgabe erfüllen zu können, müssen die genannten Stoffe in ganz bestimmter Weise miteinander verbunden sein. Diese im Körper als Nahrungsstoffe verwertbaren chemischen Verbindungen sind Kohlehydrate (Stärke und Zucker), Fette und Eiweiß, die in wechselnder Menge in unseren Nahrungsmitteln Fleisch, Gemüse, Kartoffeln, Brot usw. enthalten sind.

Kohlehydrate und Fette bestehen aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff. Die sehr viel komplizierter aufgebauten Eiweiße enthalten außerdem noch 2% Schwefel und 15 bis 19% Stickstoff. Kohlehydrate und Fette werden im Körper vollständig zu Kohlensäure und Wasser verbrannt. Ihr Energiewert für den lebenden Organismus ist gleich ihrem Verbrennungswert, wie er in dazu geeigneten Apparaten im Laboratorium aufs genaueste bestimmt werden kann. Man hat festgestellt, daß 1 g Kohlehydrat 4,1 Kalorien und 1 g Fett 9,3 Kalorien liefert. Der Energiewert des Eiweißes für den Organismus ist dagegen nicht gleich seinem Verbrennungswert, sondern kleiner, weil der Stickstoff, obwohl er sich im Eiweiß auf der möglich niedrigsten Oxydationsstufe befindet, im Körper nicht verbrannt wird, also dem Körper auch nicht als Energiequelle dient. Wir müssen von dem im Laboratorium gefundenen Verbrennungswert des Eiweißes einen bestimmten, aus seinem Stickstoffgehalt sich ergebenden Wert abziehen, um den Energiewert des Eiweißes für den lebenden Organismus zu erhalten. Die entsprechenden Bestimmungen ergeben für 1 g Eiweiß 4,1 Kalorien, also genau so viel wie für 1 g Kohlehydrat.

Die für den Menschen notwendige Menge an Nahrungsstoffen ist abhängig von der zu leistenden körperlichen Arbeit. Drücken wir

diese Menge in Kalorien aus, so braucht ein Mann bei leichter Arbeit 2450 Kalorien, bei mittlerer Arbeit 3050 Kalorien und bei schwerster Arbeit 5500 Kalorien. Je nach der von ihm geforderten Arbeitsleistung wird also der Mensch gezwungen sein, die den Kalorien entsprechende Menge von Nahrungsmitteln zu verzehren. Während wir nun das Fett in unserer Nahrung vollständig durch eine gleichwertige, „isodyname" Menge von Kohlehydraten, also z. B. 100 g Fett durch 232 g Stärke oder 234 g Rohzucker ersetzen können, und auch anderseits die Kohlehydrate wenigstens innerhalb bestimmter Grenzen durch Fett vertretbar sind, sind wir zur Erhaltung unseres Körpers gezwungen, täglich 100 g Eiweiß, also ca. 15 g Stickstoff mit unserer Nahrung aufzunehmen. Es ist ganz gleichgültig, ob viel oder wenig Arbeit geleistet wird, ob es sich um geistige oder körperliche Arbeit handelt, unter allen Umständen verlangt der menschliche Körper 100 g Eiweiß pro Tag. Von den mit der Nahrung aufzunehmenden Kalorien müssen stets 410 durch Eiweiß gedeckt werden. Fehlt das Eiweiß in der Nahrung, oder enthält diese eine geringere Menge, so zerstört der Körper seine eigenen, eiweißhaltigen Organe, um sein Stickstoffbedürfnis zu befriedigen und geht schließlich wie durch Hunger zugrunde.

Über die Aufgabe, die den stickstoffhaltigen Substanzen im Organismus zufällt, hat uns die Physiologie noch nicht Rechenschaft ablegen können. Für den wachsenden Körper ist das Eiweißbedürfnis allerdings verständlich, da die lebendige Substanz der den Körper aufbauenden Zellen, das Protoplasma, der Hauptsache nach aus Eiweiß besteht. Nun ist zwar auch der Erwachsene gezwungen, die stetig zugrunde gehenden Zellen seines Körpers zu ersetzen. Dafür sind aber sicher nicht 100 g Eiweiß pro Tag erforderlich. Da wir wissen, daß der gesamte im Eiweiß aufgenommene Stickstoff mit dem Harn ausgeschieden wird, so müssen wir annehmen, daß sich im Organismus uns noch unbekannte lebenswichtige Prozesse abspielen, für die stickstoffhaltige Substanzen unumgänglich notwendig sind. Wir müssen uns einstweilen damit zufrieden geben, daß das Eiweiß, wie Rubner es ausdrückt, eine „spezifisch-dynamische" Wirkung besitzt, die von keinem anderen Nahrungsstoff ausgeübt werden kann.

Das Stickstoffbedürfnis der 60 Millionen Einwohner Deutschlands beträgt pro Jahr 300 Millionen Kilogramm. Da unsere Haustiere hinsichtlich ihres Eiweißbedürfnisses ähnlichen Gesetzen unterliegen wie der Mensch, so dürfen wir die Gesamtmenge Stickstoff, die für

die Ernährung der in Deutschland lebenden Menschen und Haustiere notwendig ist, nicht unter 600 Millionen Kilogramm annehmen. Diese ganze, ungeheure Menge Stickstoff wird von Menschen und Tieren in der Form von Eiweiß mit der Nahrung dem Körper zugeführt.

Unsere Nahrungsmittel enthalten Eiweiß in sehr verschiedener Menge. Das Fleisch unserer Schlachttiere enthält davon 18—21 %, Fischfleisch 15—23 %, Eier 12,6 %, Milch ca. 3 %, Brot 4,6—5,3 %, Mais 7—6,7 %, Reis 6 %, Kartoffeln 1,56 %, Erbsen 18—20 % usw. Da die Tiere, die uns und den Fleischfressern als Nahrung dienen, ihren Körper aus Pflanzennahrung aufbauen, so sind es in letzter Linie die Pflanzen, die direkt oder indirekt das Gesamtstickstoffbedürfnis der Menschen und Tiere zu befriedigen haben. Aus welcher Quelle stammt der Stickstoff der Pflanzen?

Tiere und Pflanzen unterscheiden sich in ihrem Stoffwechsel grundsätzlich dadurch voneinander, daß die Pflanzen die Fähigkeit besitzen, Eiweiß, Kohlehydrate und Fette aus anorganischem Material, aus Wasser, Salzen und Kohlensäure aufzubauen, während die Tiere dazu in ihrem Organismus keine Mittel besitzen.

Der Pflanzenkörper enthält immer folgende Substanzen: Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia, Eisen, Chlor, Natron, Kieselsäure. Von diesen sind die zehn ersten für den Aufbau des Pflanzenkörpers unumgänglich nötig, die drei an letzter Stelle aufgeführten Substanzen sind entbehrlich, sie finden sich in der Pflanze nur, weil sie überall im Boden enthalten sind. Sauerstoff und Kohlenstoff, letzterer in der Form der gasförmigen Kohlensäure, werden von den Atmungsorganen der Pflanze, den Spaltöffnungen der Blätter, aufgenommen, alle anderen durch die Ernährungsorgane der Wurzeln, die Wurzelhaare. Da diese nur Flüssigkeiten aufzusaugen vermögen, so müssen die genannten Substanzen, wenn sie der Pflanze als Nahrung dienen sollen, in wasserlöslicher Form im Boden enthalten sein.

Über die Art und Weise, wie der Stickstoff von den Pflanzen assimiliert wird, war man lange Zeit im unklaren. Da Sauerstoff und Kohlensäure mit Hilfe der Spaltöffnungen aus der Luft aufgenommen werden, so lag es nahe, anzunehmen, daß auch der Stickstoff, der ja fast vier Fünftel des Volumens unserer Atmosphäre ausmacht, in gleicher Weise in den Pflanzenkörper gelangt. Theodor de Saussure hatte sich bereits diese Frage vorgelegt, konnte aber

zu keiner Entscheidung kommen. In den vierziger und fünfziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hat Bouſſignault durch eine lange Reihe äußerſt ſorgfältiger und mühevoller Vegetationsverſuche gefunden, daß die Pflanzen nicht imſtande ſind, gasförmigen Stickſtoff zu aſſimilieren. Gab Bouſſignault den Wurzeln ſeiner Verſuchspflanzen neben den übrigen Nahrungsſtoffen auch Stickſtoffverbindungen, ſo entwickelten ſie ſich kräftig und bildeten Eiweißverbindungen. Fehlte der Zuſatz von Stickſtoffverbindungen im Boden, ſo war das Wachstum äußerſt kümmerlich, und die Eiweißſubſtanzen erfuhren keine Vermehrung, trotzdem den Pflanzen der Stickſtoff der Atmoſphäre zur Verfügung ſtand. Durch die ſpäter ſehr viel feiner ausgebildeten Methoden der künſtlichen Ernährung, namentlich durch die „Waſſerkulturen", bei denen man die Wurzeln der Pflanzen in Waſſer, reſp. in Salzlöſungen von genau bekannter chemiſcher Zuſammenſetzung ſich entwickeln ließ, wurden die Verſuchsergebniſſe von Bouſſignault beſtätigt. Um von den Pflanzen als Nahrung verwertet w rden zu können, muß der Stickſtoff als waſſerlösliches Salz, alſo entweder als Ammoniakſalz oder als ſalpeterſaures Salz im Boden enthalten ſein. Alsdann wird der Stickſtoff wie die andern Salze durch die Wurzelhaare aufgenommen und im chemiſchen Laboratorium der Pflanzenzelle zum Aufbau der Eiweißkörper verwendet. Nur einige wenige auf ſehr niedriger Stufe der Entwickelung ſtehende Pflanzenorganismen, von denen ſpäter die Rede ſein wird, ſind imſtande, aus atmoſphäriſchem Stickſtoff Eiweiß zu bilden.

Der geſamte Stickſtoff, der im Körper der Pflanzen, Tiere und Menſchen enthalten iſt und ihnen zur Erhaltung ihres Lebens beſtändig zugeführt werden muß, ſtammt alſo aus dem Boden!

Das durch telluriſche und kosmiſche Einflüſſe verwitterte Geſtein, aus dem der Hauptmenge nach der bewachſene Erdboden beſteht, enthält an und für ſich keinen gebundenen Stickſtoff. Freier Stickſtoff iſt allerdings von Erdmann als Einſchluß in einigen Geſteinsarten, z. B. dem Porphyr, aufgefunden worden. Die im Boden enthaltenen Stickſtoffverbindungen müſſen alſo durch irgendwelche Prozeſſe aus freiem, atmoſphäriſchem Stickſtoff gebildet werden und dann in den Boden gelangt ſein. Ohne ſolche Stickſtoff bindenden Vorgänge hätte organiſches Leben auf unſerer Erdkugel überhaupt nicht entſtehen können.

Der Stickſtoff iſt ein überaus träges Element, das nur ſchwierig und unter ganz beſtimmten Bedingungen ſich mit anderen Grund-

stoffen zu chemischen Verbindungen vereinigt. Wie alle andern Grundstoffe vermag sich auch der Stickstoff mit Sauerstoff zu vereinigen, also zu verbrennen. Um diese Verbrennung des Stickstoffes, mit der wir uns später noch sehr eingehend beschäftigen werden, zu erzielen, müssen sehr hohe Temperaturen angewendet werden, so hohe Temperaturen, wie sie nur durch elektrische Entladungen in der Natur erzeugt werden. Wir beobachten deshalb auch, daß die gewaltigen Funken, die bei den elektrischen Entladungen der Atmosphäre als Blitze die Luft durchzucken, eine Verbrennung von Stickstoff bewirken. Das Verbrennungsprodukt wird von atmosphärischen Niederschlägen als Salpetersäure auf die Erde geführt und verbindet sich dort mit den vorhandenen Metallen oder Metallverbindungen zu salpetersauren Salzen. Wenn auch die Menge der gegenwärtig auf diese Weise gebildeten Salpetersäure nur gering ist und für unseren Ackerboden kaum in Betracht kommt, so darf man nicht übersehen, daß die in früheren geologischen Perioden gewiß viel häufigeren und heftigeren Gewitter im Laufe von Millionen von Jahren zu sehr bedeutenden Salpeteranhäufungen im Boden geführt haben müssen. Ob es nun die hohe Temperatur des elektrischen Funkens ist, die die Oxydation des Stickstoffes erzeugt oder auch die elektrische Energie als solche die Aktivität des Stickstoffes so weit zu erhöhen vermag, daß er sich mit dem Sauerstoff verbindet, wollen wir einstweilen dahingestellt sein lassen, jedenfalls wissen wir, daß unter dem Einflusse einer hohen Temperatur der Stickstoff sich nicht nur mit dem Sauerstoff, sondern auch mit anderen Elementen zu verbinden vermag. So entstehen Borstickstoff und die Nitrite, Stickstoffverbindungen einer ganzen Reihe von Metallen wie Kalzium, Magnesium, Aluminium, Mangan usw., wenn diese in einer Stickstoffatmosphäre hoch erhitzt werden. Auch Cyane, Verbindungen des Stickstoffes mit Kohlenstoff, können unter ähnlichen Verbindungen entstehen. Es ist nicht ausgeschlossen, daß zur Zeit, als unser Erdball sich noch in feuerflüssigem Zustande befand, solche Nitrite gebildet wurden, die dann später, als die Erde sich abkühlte, und die in der Atmosphäre befindlichen Wasserdämpfe in gewaltigen Regengüssen niederstürzten, zu Ammoniak und Metalloxyden zersetzt wurden. Heute kommt diese Art der Ammoniakbildung wohl nur noch in Vulkanen vor. Es ist bekannt, daß die Umgebung der Vulkane in der Regel große Üppigkeit des Pflanzenwachstums aufweist, was durch den Stickstoffreichtum des Bodens seine Erklärung findet. Die bei den

Eruptionen ausgestoßenen Gase enthalten Ammoniak in der Form von Salmiak und Schwefelammonium, das durch die Niederschläge in den Boden gelangt und dort zu Salpetersäure oxydiert wird. Das Ammoniak der Gasausbrüche verdankt seine Entstehung wahrscheinlich der Einwirkung heißer Wasserdämpfe auf Borstickstoff. Ähnliche Verhältnisse finden wir in den Solfataren Toskanas, deren Borsäuredämpfe nicht unerhebliche Mengen Ammoniak enthalten.

Durch diese und ähnliche Vorgänge wurde in früheren Erdperioden ein großes Kapital an gebundenem Stickstoff im Boden gesammelt, aus dem die Pflanzenwelt seit ihrem Bestehen den zu ihrem Wachstum notwendigen Stickstoff entnimmt. Freilich geben die Pflanzen wie alle lebenden Organismen den in ihrem Körper angehäuften Stickstoff dem Boden wieder zurück. Die abgestorbenen Pflanzen und Tiere verfallen der Vermoderung, der Fäulnis. Der im Eiweiß organisch gebundene Stickstoff zersetzt sich und wird durch die Tätigkeit von Bakterien wieder in anorganischen Stickstoff, in Ammoniak zurückgebildet, der im Boden zu Salpetersäure oxydiert wird. Die im Herbst von den Pflanzen abgeworfenen Blätter unterliegen dem gleichen Prozeß; die täglich von Menschen und Tieren aufgenommenen Stickstoffmengen werden regelmäßig in einer leicht in anorganische Bindung übergehenden Form wieder ausgeschieden, so daß man zu der Vorstellung gelangen könnte, daß ein vollständiger Kreislauf des Stickstoffes durch Tiere, Pflanzen und Boden stattfinde und das Kapital an gebundenem Stickstoff dauernd erhalten und tätig bliebe. Die sich erhaltende oder regelmäßig wiederkehrende Pflanzendecke der Erde lehrt uns, daß in der Tat in der Natur eine richtige Stickstoffbilanz herauskommt, daß der Stickstoffersatz dem Stickstoffverbrauch die Wage hält. Wo aber der Mensch mit den alljährlich geernteten Feldfrüchten große Mengen des Stickstoffvorrates dem Boden entzieht, muß bald ein Stickstoffmangel eintreten, und ohne Ersatz durch stickstoffhaltigen Dünger würde der Ertrag der Felder bald sinken und den Stickstoffmangel verkünden. Von den großen Mengen an gebundenem Stickstoff, die in den menschlichen und tierischen Ausscheidungen enthalten sind, kehrt nur ein sehr geringer Teil in dem auf die Felder gebrachten Stallmist und Fäkaldünger in den Kreislauf zurück. Der Stallmist enthält durchschnittlich nur 0,5 % Stickstoff, von dem unter den günstigsten Bedingungen nur 25—30 % ausgenützt werden. Um erträgliche Ernten zu erzielen, müßten jedes Jahr dem Kulturboden 100 Doppelzentner pro Hektar zu-

geführt werden. Das Aufladen, Abladen und Ausbreiten auf den Feldern kostet viel Arbeit, erfordert also große Ausgaben an Löhnen. Die ausreichende Düngung mit Stallmist wird zu teuer. Dazu kommt, daß, um eine genügende Menge von Stallmist zur Verfügung zu haben, ein entsprechender Viehstand vorhanden sein muß, und die Viehzucht ist keineswegs immer und überall rentabel. Was nun die Sammlung und Verwertung der menschlichen Auswurfstoffe betrifft, so stehen derselben unüberwindliche Schwierigkeiten entgegen. Für die Exkremente von 100 Menschen wäre mindestens 1 Hektar geeigneter Boden erforderlich. Bei einigermaßen vollständiger Verwertung würden die Kosten für die Sammlung und Fortführung namentlich aus den größeren Städten ins Unermeßliche steigen. Der Rieselfelderbetrieb ist nur in verhältnismäßig geringem Umfange durchführbar.

Dem Kreislaufe gehen also beständig außerordentlich große Mengen von gebundenem Stickstoff verloren, die aus anderen Quellen gedeckt werden müssen. Im Jahre 1907 hat die deutsche Landwirtschaft 163 Millionen Mark für anorganischen Stickstoffdünger ausgegeben, von denen mehr als 100 Millionen an das Ausland gezahlt wurden. Das Stickstoffbedürfnis nimmt beständig zu. Wir haben gesehen, daß stickstoffhaltige Substanz, das Eiweiß, ein notwendiger Bestandteil unserer Nahrung ist. Die Zahl der auf der Erde lebenden Menschen wächst jährlich um $\frac{2}{3}$ %. Um die Jahrhundertwende schätzte man die Erdbevölkerung auf 1600 Millionen Menschen. In den 6 Jahren von 1900—1906 hat ihre Zahl demnach um 70 Millionen, das ist um mehr als die Gesamtbevölkerung des Deutschen Reiches zugenommen. Für alle muß stickstoffhaltige Nahrung beschafft werden. Es werden deshalb auch die größten Anstrengungen gemacht, bisher unfruchtbare Landstrecken der Bewirtschaftung zugänglich zu machen und den bereits unter Kultur stehenden Boden zu immer reicheren Erträgen zu zwingen. Dazu bedarf es großer Mengen Stickstoffdüngers. Um in Deutschland den gesamten für die Bebauung von Feldfrüchten geeigneten Boden auf hohe Kultur zu bringen, wäre die zwei- bis dreifache Menge der anorganischen Stickstoffsalze erforderlich, die doch jetzt schon in ungeheurer Menge auf unsere Ackererde gebracht werden.

Auch in Amerika macht sich das Bedürfnis nach Dünger in allen Formen geltend. Bisher hat man dort extensive Kultur getrieben, d. h. man hat riesenhaft ausgedehnte Bodenflächen bei geringer

Bearbeitung und ohne Düngerzufuhr mit Feldfrüchten bebaut. Der jungfräuliche Boden mit seinen großen Stickstoffvorräten hat diesen Raubbau jahrzehntelang ertragen und gute Ernten gebracht. Allmählich aber verarmte der Boden, und der amerikanische Landwirt sieht sich gezwungen, die extensive Wirtschaft in intensive umzuwandeln. Der Boden muß tief gepflügt, sorgfältig bearbeitet und sein Gehalt an Pflanzennährstoffen durch Zufuhr von Düngesalzen erhöht werden.

Wir haben schon erwähnt, daß auch die chemische Industrie große Mengen von Salpeter in ihren Fabriken für die verschiedensten Zwecke verarbeitet. Von diesem wird der größte Teil für immer dem Kreislaufe des gebundenen Stickstoffes entzogen. Mit jedem Schusse, mit jeder Entzündung von Explosivstoffen überhaupt tritt Stickstoff aus seinen Verbindungen aus und kehrt als freier elementarer Stickstoff in die Atmosphäre zurück.

Woher beschaffen wir nun diesen Stickstoff, der unseren Körper aufbaut, ihn ernährt, im Kriege uns verteidigt, Wege durchs Gebirge sprengt, unsere Gewänder färbt, schlaflosen Nächten die Ruhe bringt und für tausend Bedürfnisse unseres Lebens die Befriedigung ermöglicht?

Zweites Kapitel.

Die Stickstoffquellen.

Wie die untergegangenen Wälder vergangener Erdperioden, die Steinkohlen, es sind, die uns Wärme liefern, unsere Maschinen treiben und unsere Waffen schmieden, so verdanken wir auch die Hauptmenge der heute der Landwirtschaft und Industrie zugeführten Stickstoffverbindungen verwesten Organismen vergangener Jahrtausende. Ja die Steinkohlen selbst sind uns zu einer wichtigen Stickstoffquelle geworden, die an Bedeutung immer mehr zunimmt. Zunächst wollen wir uns einer anderen Stickstoffquelle zuwenden, deren Produkte gegenwärtig den Weltmarkt beherrschen und deren drohende Erschöpfung Gelehrte und Techniker antreibt, Mittel und Wege zu finden, den unerschöpflichen Stickstoffvorrat der atmosphärischen Luft in den Dienst der Kultur zu zwingen.

a) Der Salpeter.

Wir haben bereits erfahren, daß bei der Verwesung pflanzlicher und tierischer Organismen das Eiweiß derselben unter der Mithilfe von Bakterien zerlegt wird und der Stickstoff des Eiweißes dabei andere Verbindungen bildet, die im Gegensatz zu den organischen Stickstoffverbindungen keinen Kohlenstoff enthalten und als anorganische Stickstoffverbindungen bezeichnet werden. Die Stickstoffverbindung, die bei der Eiweißfäulnis schließlich entsteht, ist das Ammoniak, das in wässeriger Lösung als Salmiakgeist allen Hausfrauen als Fleckenreinigungs- und Metallputzmittel bekannt ist. Das Ammoniak ist eine Verbindung des Stickstoffes mit Wasserstoff, jenem leichten Gas, das zur Füllung von Luftballons dient und aus Wasser, dessen einen Bestandteil es bildet, gewonnen wird. Das Ammoniak verbindet sich im Boden, wiederum durch die Tätigkeit von Bakterien, mit dem Sauerstoff der Luft, es wird oxydiert, und es entsteht die Salpetersäure, die demnach aus Stickstoff, Sauerstoff und Wasserstoff zusammengesetzt ist. Die chemische Formel der Salpetersäure HNO_3 bedeutet, daß ein Atom Stickstoff N mit drei Atomen Sauerstoff O_3 und einem Atom Wasserstoff H zu einer Verbindung zusammengetreten ist. Die Salpetersäure hat das Bestreben, beim Zusammentreffen mit Metallen oder Metallverbindungen ihren Wasserstoff gegen das Metall zu vertauschen. Dadurch entstehen salpetersaure Salze, die auch Nitrate genannt werden, die also aus Stickstoff, Sauerstoff und einem Metall bestehen.

Mehr oder minder große Anhäufungen von salpetersauren Salzen finden sich an verschiedenen Punkten der Erde, die sich alle durch große Trockenheit auszeichnen. Das weitaus bedeutendste Vorkommen von salpetersauren Salzen, kurzweg Salpeter genannt, findet sich an der Westküste Südamerikas zwischen dem 18. und 27. Grad südlicher Breite auf einer etwa 1000 km langen regenlosen und vegetationsfreien Strecke, auf dem Gebiete der Republik Chile. Diese Salpeterfelder liegen fast alle an dem Ostabhange der dicht an das Meer herantretenden Küstencordilleren, bilden aber keine einheitliche, auf weite Erstreckung zusammenhängende Formation, sondern finden sich in mehr oder weniger ausgedehnten Revieren, in denen die abbauwürdigen Lager unregelmäßig verteilt sind. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Chilesalpeter seine Entstehung der Fäulnis abgestorbener Organismen früherer Erdperioden verdankt. Wie aber die ungeheuren Massen an dieser Stelle zu-

sammengeführt worden sind, darüber gehen die Meinungen auseinander. Nach der Anschauung von Carl Nöllner, die von vielen als die wahrscheinlichste angesehen wird, war das Hochland von Atacama und Taracapá, das jetzige Salpetergebiet, früher Meeresboden, der sich langsam hob. Die gewaltigen Tangwälder, die auf dem Meeresboden gediehen und sich in riesigen Massen anhäuften, wurden allmählich trocken gelegt und fielen der Verwesung anheim. Für diese Anschauung spricht, daß der Chilesalpeter zum größten Teil aus salpetersaurem Natrium besteht, also eine Verbindung der Salpetersäure mit jenem Metalle darstellt, das nicht nur im Meereswasser, sondern auch in den Tangen in reichlichen Mengen enthalten ist. Ferner enthält der Chilesalpeter beständig Jodsalze, und die Seetange sind als Jodsammler bekannt.

Dieser Hypothese ist Dr. Plagemann, der die Salpetergebiete Chiles geologisch durchforscht hat, aufs entschiedenste entgegengetreten. Er hebt hervor, daß keine Andeutungen für neuzeitliche Meeresablagerungen in den Salpeterwüsten und in den Anden aufzufinden sind und kommt auf Grund seiner geologischen und paläontologischen Beobachtungen und Funde zu folgender Vorstellung. Der Westabhang der Anden, der sich gegen die Salpeterwüsten senkt, besaß in den geologischen Perioden des Tertiär und Pleistocän eine üppige Vegetation und ein reiches Tierleben. Dafür sprechen einmal die bei Corocoro in Bolivien in ca. 3800 m und in der Pampa del Tamarugal in Taracapa in ca. 1100 m Höhe über dem Meere gemachten Skelettfunde von Mastodonten, Megatherien (Riesenfaultieren) und anderen Riesensäugern, und die in klimatologischer Hinsicht höchst bedeutsame Tatsache, daß die heutigen Hochplateaus von Bolivia-Atacama während der tertiärdiluvialen Eiszeit von riesigen Binnenmeeren, Süßwasserseen, eingenommen waren, die viele Tausend Quadratmeilen bedeckten. Der aus den Pflanzen- und Tierleichen gebildete salpetersaure Kalk wurde in den abfließenden Gewässern gelöst, hinuntergetragen und setzte sich mit dem verwitterten Gestein so um, daß an Stelle des Kalkes vorzugsweise Natron dann aber auch Kali an die Salpetersäure gebunden wurde. Als das Klima sich änderte und exzessiv trocken wurde, verschwand allmählich die Vegetation, und das aus dem abflußlosen Becken verdampfende Wasser ließ die in ihm gelösten Salze fallen. Durch Wildwasser, wie sie auch heute noch zuweilen vorkommen und die Salpeterlager bedrohen, wurde das Salz teilweise fortgetragen und wieder beim Eintrocknen aus-

geschieden, wodurch die vollkommen unregelmäßige Lagerung des Salpeters erklärt wird.

Für welche der beiden Hypothesen man sich auch entscheiden mag, so verdanken die Salpeterlager ihre Entstehung in letzter Linie denselben Prozessen, die auch heute noch überall, wo organische Massen in der Erde faulen, zur Salpeterbildung führen und auf die wir später noch näher eingehen werden.

Die Salpetererde, Caliche genannt, enthält 25—50 % salpetersaures Natron, besitzt eine durchschnittliche Mächtigkeit von 50 cm und liegt unter einer hartgebackenen Scholle, der Costra. Diese wird fortgesprengt und der abgebaute Caliche in die Officinas gebracht, wo die weitere Verarbeitung vorgenommen wird. Diese hat vor allem die Aufgabe zu erfüllen, den Salpeter von dem in der Caliche vorhandenen Kochsalz zu trennen. Das Trennungsverfahren beruht auf dem Umstande, daß der Natronsalpeter in heißem Wasser sehr viel leichter löslich ist als in kaltem, während die Löslichkeit des Kochsalzes mit der Temperatur nur sehr wenig zunimmt. Die Arbeitsmethoden, die früher außerordentlich einfache waren, sind jetzt sehr wesentlich verbessert worden. Die erhöhten Kosten werden dadurch reichlich wieder eingebracht, daß die Ausbeuten erheblich gebessert wurden und auch geringwertige Salpetererden, z. B. Rückstände früherer Laugerei, mit Nutzen verarbeitet werden können. Die mit Maschinen zerkleinerte Salpetererde wird in die Laugegefäße gebracht, die aus einer Anzahl miteinander zusammenhängenden schmiedeeisernen Kästen bestehen, die so aufgestellt sind, daß sie unterfahren werden können. Die Heizung geschieht mit Hilfe von geschlossenen Dampfröhren, in die der Dampf mit einem Überdruck von 4—5 Atmosphären hineingelassen wird. Das Kondenswasser kehrt in die Dampfkessel zurück; bei dem Mangel an brauchbarem Wasser ein wichtiger Umstand. Nach beendigter Laugerei fließt die heiße gesättigte Rohlauge in die Kristallisierbecken. Die Rückstände werden aus den Kästen durch am Boden angebrachte Öffnungen fast automatisch in die darunter gefahrenen Wagen entleert und enthalten nur noch 3—4 % Salpeter. In der sich abkühlenden Lauge kristallisiert der Salpeter aus, während das Kochsalz in Lösung bleibt. Wenn in 4—6 Tagen die Kristallisation beendet ist, werden die Kristalle herausgenommen, auf schräge Bühnen gebracht, um abzutropfen und mittels Brausen gewaschen zu werden. Dann wird der Salpeter auf großen Trocken- und Vorratsplätzen an der freien Luft getrocknet, bis er zum Verpacken reif ist.

Die erste Anwendung von Salpeter geht in sehr frühe Zeiten zurück. Das „Griechische Feuer", über dessen wunderbare Wirkung die alten Schriftsteller berichten und dessen Erfindung dem Kallinikus aus Heliopolis (um 668 n. Chr.) zugeschrieben wird, bestand wahrscheinlich aus Salpeter, Schwefel, Pech und Harz, die mit brennbaren Ölen zusammengeschmolzen wurden. Von den Chinesen weiß man, daß sie seit dem Jahre 969 n. Chr. mit Salpeter hergestellte, dem Schießpulver ähnliche Mischungen für Raketen benutzten. Kanonen waren ihnen jedoch noch im Jahre 1621 unbekannt. Der gelehrte Araber Geber, der im 7. Jahrhundert in Marokko und Sevilla lebte, hat die pyrotechnischen Eigenschaften des Salpeters beschrieben. Als Schießpulver wurden Salpetermischungen von den Arabern aber erst seit dem Jahre 1225 benutzt. Die Erfindung des Schießpulvers um das Jahr 1313 durch Berthold Schwarz ist wahrscheinlich unabhängig von den Kenntnissen der Araber erfolgt, und Schwarz scheint auch die Verwendung des Pulvers zum Schleudern von Geschossen erfunden zu haben. Bereits 1341 werden eiserne Kanonen und eiserne Kanonenkugeln erwähnt. Schießpulverfabriken bestanden sicher 1340 in Augsburg, 1348 in Liegnitz und 1360 in Lübeck. Seit dieser Zeit nahm der Verbrauch an Salpeter in allen Staaten Europas natürlich außerordentlich schnell zu. Die Deckung des Salpeterbedarfes für die ungeheuren Mengen von Schießpulver, die in den unaufhörlichen Kriegen der folgenden Jahrhunderte verbraucht wurden, war eine schwierige Aufgabe. Zur Herstellung von Pulver kann nur die an Kalium gebundene Salpetersäure, der Kalisalpeter, verwendet werden, da der Natronsalpeter die Eigenschaft besitzt, Wasser aus der Luft anzuziehen, so daß das aus ihm hergestellte Pulver bald feucht und dadurch unbrauchbar wird.

Kalisalpeter findet sich überall dort, wo stickstoffhaltige organische Substanzen in Gegenwart von Kalisalzen verwesen und häufen sich im Boden an, wenn sie nicht durch Regen fortgewaschen werden. An den Fundamenten von Gebäuden, die viele Jahre hindurch mit dem Unrat der Straße in Berührung gestanden haben, blüht der Salpeter aus den Mauersteinen aus und es ist wahrscheinlich, daß der Salpeter, Sal petrae, davon seinen Namen trägt. Aus ähnlichen Gründen findet sich das Salz in den Böden und Wänden der Scheunen und Ställe. Die Salpetersieder, deren Gewerbe sich begreiflicherweise des größten Schutzes von seiten der Staatshäupter erfreute, waren mit den weitgehendsten Vorrechten aus-

gestattet, die zu unerhörten Plackereien der Bevölkerung, zu Widersetzlichkeiten und Bedrohungen führten. Dem Volke wurde befohlen, den Salpetersiedern in allem behilflich sich zu erweisen, bei Vermeidung von Strafen sich des Ausgrabens des Salpeters in ihren eigenen oder anderen Häusern, Ställen, Scheunen usw. zu enthalten. Die Fluren und Ställe durften nicht mit Steinen gepflastert werden. Wo dieses geschah, wurde das Pflaster aufgerissen. Die „getreuen und gehorsamen Untertanen" wurden ermahnt und mußten dieses Ungemach erleiden, weil es „zur Beschützung des Landes und der Leute" geschah, um dadurch zu einem Vorrat von Pulver für die Armeen zu gelangen.

Überall wurde nach Salpeter gesucht, und bald war jeder an Kalisalpeter reichere Platz in Europa, Ägypten, Indien, Amerika bekannt. In den südwestlichen Provinzen Spaniens wurde im 18. Jahrhundert ein Drittel des Bodens nicht bebaut, sondern diente ausschließlich der Salpeterkultur in der Oberfläche der Äcker. Der Salpeterboden wurde ausgelaugt, und der gewonnene Kalksalpeter durch Behandlung mit Holzasche, deren Kali den Kalk verdrängte, in „guten Salpeter" umgewandelt. Größere Lager wurden im Anfang des 18. Jahrhunderts in Ostindien, besonders auf Ceylon und in Bengalen, entdeckt. Auf Ceylon wird die Salpetererde in Felshöhlen gefunden, die früher vielleicht Tieren und Menschen als Wohnung dienten, jetzt zahllose Scharen von Fledermäusen beherbergen, deren Exkremente und abgestorbenen Leiber den Stickstoff des Salpeters liefern. In Bengalen befindet sich der Salpeter in den oberen Schichten des an organischen Bestandteilen sehr reichen Bodens, wo also die Bedingungen zu reichlicher Salpeterbildung vorhanden sind. Zu Beginn der regenlosen Zeit wird der Salpeter durch kapilläre Kräfte an die Oberfläche geführt, wo er sich in einer Kruste ansammelt.

Aber die natürlichen Salpeterfunde reichten nicht aus, um den ungeheueren, stets wachsenden Bedarf an Schießpulver zu decken. Man schritt zur Anlage von „Salpeterplantagen", in denen der Salpeter auf künstlichem Wege gewonnen wurde. In ihrem Bestreben, die Pulverfabrikation unabhängig von anderen Ländern betreiben zu können, schrieben die europäischen Potentaten Preise aus, um die zweckmäßigsten, reiche Ausbeute liefernden Methoden für die Salpetergewinnung zu erzielen. Den ersten Wettbewerb eröffnete der schwedische Kriegsrat im Jahre 1747. Dann folgte die königlich preußische Akademie der Wissenschaften, die 1749 den Preis dem

Dr. med. Joh. Gottfried Pietsch für seine beiden Schriften „Abhandlung von der Erzeugung des Salpeters" und „Gedanken von der Vermehrung des Salpeters" zuerkannte. Allen Ortschaften in Preußen wurde befohlen, Salpeterwände oder Salpeterschuppen zu unterhalten. Um eine möglichst große Oberfläche für die Salpeterbildung zu erzielen, errichtete man oben zusammengewölbte Wände in schattigen Höfen oder Vertiefungen, die dicht zusammen aufgestellt und parallel fortgeführt wurden, so daß sie vor der Auswaschung durch Regen, vor starkem Luftzug, vor zu großer Erwärmung und Austrocknung durch die Sonnenstrahlen geschützt waren. Diese Wände wurden mit Harn und anderen gärungsfähigen Flüssigkeiten gehörig feucht erhalten und gaben in 1 bis 3 Jahren gute Salpetererde.

Die Salpeterschuppen waren ca. 38 Fuß breit, 100 bis 200 Fuß lang und 7 Fuß hoch und wurden mit einem Strohdach versehen; ihre aus Brettern hergestellten Wände besaßen ringsum Klappen, die je nach den Umständen mehr oder weniger geöffnet wurden. In diesen Schuppen wurden aller Art fäulnisfähige Substanzen, Teichschlamm, Unrat aus den Schlachthäusern, Blut, Mist, Aas, Hornspäne, faules Obst, Stroh usw. mit lockerer Erde und ungelöschtem Kalk zu Haufen gemischt. Die Haufen wurden von Zeit zu Zeit umgearbeitet, mit Harn, Küchenspülicht, Mistlake usw. angefeuchtet und nach zwei Jahren ausgelaugt. Porosität des Bodens, die der Luft eine freie Zirkulation gestattete, Anwesenheit von Kalkerde, Fäulnis pflanzlicher, besonders jedoch tierischer Substanzen, ein gewisser Wärmegrad und nicht zu große Feuchtigkeit waren die Bedingungen, die von Pietsch und seinen Nachfolgern als die Salpeterbildung begünstigend erkannt wurden.

Die Lager von Natronsalpeter in Südamerika wurden wahrscheinlich schon in der Mitte des 18. Jahrhunderts entdeckt. Die spanischen Chemiker waren aber nicht imstande, den für die Schießpulverfabrikation unbrauchbaren Natronsalpeter in Kalisalpeter umzuwandeln. Erst dem deutsch-böhmischen Naturforscher Thaddäus Haenke, der um 1794 vom Könige von Spanien nach dem peruanischen Vizekönigreich entsandt worden war, gelang es 1809 die Umwandlung zu vollziehen, indem er den Natronsalpeter mit der Asche von Kakteen und Tangen, die 8% kohlensaures Kali enthalten soll, auslaugte. Auf diese Weise wurden dann auch größere Mengen von Kalisalpeter hergestellt, die auf dem Kriegsschiff Estandarte dem Mutterlande zugeführt wurden. Das Ver-

fahren wurde aber bald als zu kostspielig wieder aufgegeben. Als während des Krimkrieges 1852—1855 der Mangel an Schießpulver besonders fühlbar wurde, begann man in Deutschland die Konversion des Natronsalpeters in Kalisalpeter fabrikmäßig zu betreiben und bediente sich dazu des Chlorkaliums, das in den Staßfurter Salzlagern im Überfluß zur Verfügung stand. Auf diese Weise gelingt die Konversion glatt und vollständig, und die Trennung der entstehenden Salze, Kochsalz und Kalisalpeter, ist leicht durchzuführen. Die Bezeichnung Chilesalpeter für Natronsalpeter wurde allgemein gebräuchlich, als die hauptsächlichsten Salpetergebiete nach dem Kriege 1884 in den Besitz Chiles gelangten.

Die Verwendung des Salpeters als Düngemittel beginnt bereits im 18. Jahrhundert. Am Ausgange desselben wußte man, daß Böden mit einem nicht zu hohen Salpetergehalt der Pflanzenkultur förderlich sind. In England wurden Versuche angestellt, durch Begießen mit verdünnten Salpeterlösungen die Entwicklung der jungen Gartenpflanzen zu begünstigen, die überraschende Erfolge zutage förderten. In Ostindien diente der Salpeter zur Düngung der Zuckerplantagen. Neue Versuche im Beginn des 19. Jahrhunderts bestätigten die Erfahrungen, führten aber trotzdem nicht zu einer allgemeinen Verwendung des Salpeters, weil der dafür zu zahlende Preis viel zu hoch war.

1840 trat der berühmte deutsche Chemiker Justus von Liebig in den Kampf um die Lehre von der Pflanzenernährung ein, aber nur ganz allmählich vermochte er das wichtigste Ergebnis seiner Arbeiten: „daß das Ertragsvermögen auch der fruchtbarsten Felder ohne Ersatz (der von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe) auf die Dauer nicht aufrecht erhalten werden kann", zu allgemeiner Anerkennung zu bringen.

Immer wieder predigte er den deutschen Landwirten, daß das allgemein Beunruhigung hervorrufende ständige Sinken der Ernteerträge nur auf dem von ihnen betriebenen „Raubbau" beruhe, daß die ausschließliche Stallmistwirtschaft nicht imstande sei, dem Boden die gewaltigen Mengen von Nährstoffen zu ersetzen, die ihm mit den geernteten Früchten entzogen wurden. Unermüdlich lehrte er, daß der Mist, die Exkremente der Menschen und Tiere nicht durch ihre organischen Elemente auf das Pflanzenleben einwirkten, sondern indirekt durch die Produkte ihres Fäulnis- und Verwesungsprozesses, infolge des Überganges des Kohlenstoffes in Kohlensäure und ihres Stickstoffes in Ammoniak und Salpeter, daß also

der organische Dünger durch die betreffenden anorganischen Salze ersetzt werden könnte. Der endliche Erfolg seiner Bemühungen, die auf das wirksamste durch die ausgezeichnet organisierte Propaganda der chilenischen Salpeterproduzenten unterstützt wurde, zeigte sich in den schnell wachsenden Exportziffern des Chilesalpeters. 1825 wurden nur 935 Tonnen Salpeter verschifft, 1871 war die Zahl der Tonnen auf 180 295 angewachsen und betrug im Jahre 1907 mehr als 2 Millionen. Man hat berechnet, daß in 30 Jahren der Weltkonsum an Chilesalpeter 12 Millionen metrische Tonnen betragen wird.

Gegenüber diesem gewaltig steigenden Konsum hat man sich natürlich die Frage vorgelegt, wie lange noch die chilenischen Lagerstätten imstande sein werden, den Bedarf des Weltmarktes zu decken. Es sind deshalb wiederholt Abschätzungen des noch vorhandenen abbauwürdigen Chilesalpeters vorgenommen worden. Die letzte von Dr. Plagmann mit großer Sorgfalt ausgeführte Untersuchung ergab, daß 40 Jahre für die Lebensdauer der Salpeterindustrie die äußerste Grenze bedeuten dürfte!

Die Unentbehrlichkeit des Salpeters beruht nicht sowohl darauf, daß er alle anderen Stickstoffdüngemittel an Wirksamkeit übertrifft, sondern findet seine Begründung vor allem darin, daß wir kein anderes stickstoffhaltiges Salz in den Mengen beschaffen können, die genügen würden, den Salpeter zu ersetzen. Die Salpeterlagerstätten, die man in Kalifornien, Afrika, Kleinasien, Ägypten entdeckt hat, kommen teils wegen der viel zu hohen Kosten, die ihre Gewinnung und der Transport beanspruchen würden, teils ihrer Geringfügigkeit wegen nicht in Betracht. Von größerem Interesse dagegen ist die in den letzten Jahren sehr bedeutend angewachsene Produktion von schwefelsaurem Ammoniak. Wir wollen aber gleich hervorheben, daß an einen Ersatz des Salpeters durch dieses Salz nicht gedacht werden kann, weil es nur als Nebenprodukt gewonnen wird und dadurch seine Erzeugung bestimmte Grenzen nicht überschreiten kann.

b) Das schwefelsaure Ammoniak oder Ammoniumsulfat

wird aus den Steinkohlen und in neuester Zeit auch aus Torf gewonnen. Die Steinkohlen dienen außer zur Erwärmung unserer Wohnungen und zum Betriebe von Dampfmaschinen, zur Fabrikation von Leuchtgas und zur Gewinnung von Eisen aus seinen Erzen. Bei

der Leuchtgasfabrikation[1]) werden Steinkohlen der trockenen Destillation unterworfen, d. h. sie werden in aus Schamotte hergestellten Retorten unter Luftabschluß erhitzt. Dadurch werden bestimmte Bestandteile der Steinkohlen, im wesentlichen Wasserstoff und Kohlenwasserstoffverbindungen ausgetrieben, die das Leuchtgas bilden. Ehe dieses aber der Benutzung zugeführt werden kann, müssen gewisse Verunreinigungen desselben entfernt werden. Diese Verunreinigungen bestehen hauptsächlich aus Teer und Ammoniak. Während der Teer sich beim Abkühlen der aus den Retorten austretenden Gase absetzt, wird das Ammoniak von dem Waschwasser der Reinigungsapparate aufgenommen und durch Destillation aus dem „Gaswasser" gewonnen. Das abdestillierende Ammoniak läßt man von konzentrierter Schwefelsäure absorbieren, die sich mit dem Ammoniak zu schwefelsaurem Ammoniak verbindet. Die in den Retorten zurückbleibende, von den Gasen befreite Kohle wird als Koks bezeichnet und für Heizzwecke verwendet.

Die Erzeugung des Eisens im Hochofenprozeß[2]) beruht darauf, daß die aus Eisenoxyden bestehenden Eisenerze zusammen mit Kohle hoch erhitzt werden. Die Kohle verbrennt dabei auf Kosten des Sauerstoffes der Eisenoxyde und diese werden zu metallischem Eisen reduziert. Um auf diese Weise im Hochofen verwertet werden zu können, muß die Steinkohle vorher dem gleichen Prozeß wie bei der Leuchtgasfabrikation unterworfen werden, weil die rohe Steinkohle beim Erhitzen mit den Eisenerzen zusammenbackt und dadurch den Hochofenprozeß behindert. Lange Zeit hindurch hat man in den Kokereien für Hüttenzwecke den Nebenprodukten nur eine geringe Beachtung gewidmet. Heute sind in England, Deutschland und Belgien fast alle Kokereien mit chemischen Fabriken verbunden, in denen die wertvollen Nebenprodukte gewonnen werden. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika, die mit ihrer gewaltigen Eisenproduktion an erster Stelle stehen, ist vorläufig die Ammoniakgewinnung aus den Kokereien noch eine geringe. Jetzt aber, wo auch in Amerika das Interesse für Düngemittel ein größeres wird, fängt man an, diese Nebenprodukte zu gewinnen, so daß die Produktion von Ammoniumsulfat, die heute schon eine bedeutende ist, in den nächsten Jahren noch eine beträchtliche Steigerung erfahren wird.

1) Näheres über die Leuchtgasfabrikation s. A. Müller, Bilder aus der chemischen Technik, Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 191.

2) Das nähere s. Das Eisenhüttenwesen von Hermann Wedding, Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 20.

In den für die Verkokung brauchbaren Steinkohlen sind 1 · 3 bis 1 · 7 % Stickstoff enthalten. Wenn es möglich wäre, den gesamten Stickstoff in Ammoniak überzuführen, so würden auf 1000 kg Kohlen 61 bis 81 kg Ammoniumsulfat gewonnen werden. Leider ist aber die Ausbeute an Ammoniak eine sehr schlechte. Nur ein Siebentel des in den Steinkohlen enthaltenen Stickstoffes wird als Ammoniak erhalten, so daß für die Tonne Kohlen nur auf 10 kg Ammoniumsulfat gerechnet werden kann. Man hat sich natürlich bemüht, die Ausbeute zu verbessern, vorläufig aber ohne brauchbares Resultat.

Die Produktion von Ammoniumsulfat betrug im Jahre 1903:

In Großbritannien	234 000 t	In Belgien und Holland .	85 000 t
= Deutschland .	140 000 t	= Österreich, Rußland u.	
= Frankreich . .	52 000 t	Spanien	70 000 t

1906 war die Produktion in Großbritannien auf 294 000 t und in Deutschland auf 257 000 t gestiegen. Etwa 10 bis 15 % des erzeugten Ammoniaks geht in die chemischen Fabriken, alles übrige wird in der Landwirtschaft als Dünger verwendet.

Werden Kohlen für Heizzwecke verwendet, so führt man ihnen so viel Luft, d. h. Sauerstoff zu, daß die Bestandteile der Kohle vollständig verbrennen können, daß also die Kohle zu Kohlensäure, der Wasserstoff zu Wasser und der in den Kohlen stets enthaltene Schwefel zu schwefliger Säure verbrannt wird. Man kann aber die Verbrennung auch so vornehmen, daß zunächst den Kohlen nur so viel Sauerstoff zugeleitet wird, daß die Kohle nur unvollständig verbrennt, so daß nicht Kohlensäure, sondern Kohlenoxyd gebildet wird. Das Kohlenoxydgas kann dann durch Röhren dahin geleitet werden, wo man die Heizung bewirken will. Hier wird dann das Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrannt. Das ist ganz allgemein das Prinzip, auf dem die sogenannte Generatorfeuerung beruht. In der Regel bewirkt man die erste Phase der Verbrennung nicht durch Luft allein, sondern mischt diese mit Wasserstaub oder Wasserdampf. Man kann aber auch die Oxydation ganz allein durch Wasserdampf bewirken, wobei dieser in seine chemischen Bestandteile in Sauerstoff und Wasserstoff zerfällt. Bei angemessener Temperatur erhält man dann ein Gas, das aus einem Gemisch von Wasserstoff und Kohlenoxyd besteht und einen hohen Heizwert besitzt. Diese Erzeugung von Generatorgas ist ein ausgezeichnetes Mittel, um besonders minderwertige Kohlen für Heizzwecke und auch für die Erzeugung von Kraft in Gaskraftmaschinen vollständig aus-

zunützen. Der bedeutende englische Chemiker und Großindustrielle Sir Ludwig Mond hat, nachdem Grouven (1878) zuerst darauf hingewiesen, gezeigt, daß in Gegenwart eines Überschusses von Wasserdampf und bei niedriger Temperatur nicht nur mehr Teer und von besserer Qualität gewonnen wird, sondern daß unter diesen Bedingungen die Hälfte des in den Kohlen enthaltenen Stickstoffes als Ammoniak gewonnen werden kann. In dem Mondschen Generator erhält man nicht wie in den Leuchtgasfabriken und Kokereien nur 10 kg Ammoniumsulfat auf 1000 kg Kohlen, sondern 33 kg.

Die deutschen durch ihre großen technischen Erfolge bekannten Chemiker A. Frank und Caro haben das Mondsche Verfahren so modifiziert, daß es sowohl auf Torf als auch auf die bei der Reinigung der Kohle entfallenden minderwertigen Abfälle, die sogenannte Klau- und Waschberge, mit Erfolg angewendet werden kann. Aus den etwa 30 bis 35 % Kohlenstoff und 0,90 bis 0,93 % Stickstoff enthaltenden Abfällen soll man in Kammeröfen 35 kg und in Generatoren 25 kg Ammoniumsulfat auf 1000 kg Kohlen erhalten, außerdem noch so viel Gas von 1000 bis 1100 Kalorien Heizwert, daß damit nicht nur der zum Betriebe der Öfen, der Einkochung der Ammoniumsulfatlauge usw. nötige Dampf erzeugt wird, sondern auch ein Gasüberschuß von 500 bis 600 cbm zur Verfügung steht.

Noch wichtiger und bedeutungsvoller ist die Anwendung des Verfahrens auf Torf, der namentlich in Irland und im Westen Deutschlands in gewaltigen Mengen vorhanden ist. 70 bis 80 % des im Torf vorhandenen Stickstoffes werden auf diesem Wege als Ammoniak gewonnen und zugleich ein sehr brauchbares Kraftgas erzeugt. „Beträgt der Stickstoffgehalt des Torfes mehr als 1 %, so erhält man so viel Ammoniumsulfat, daß hierdurch schon die Kosten der Verarbeitung gedeckt werden und die Verwendung des Kraftgases, das sehr billig zu stehen kommt, dem jeweiligen Bedarfe entsprechend gerichtet werden kann." Es sind bereits drei große Anlagen in Irland, in Italien und seit allerjüngster Zeit auch in Westdeutschland in Angriff genommen worden. Die Produktion von Ammoniumsulfat wird dadurch in den nächsten Jahren eine weitere sehr bedeutende Steigerung haben.

c) Guano.

Außer dem Salpeter, den Steinkohlen und dem Torf gibt es noch eine Stickstoffquelle, die früher reichlicher floß, jetzt aber dem Versiegen nahe ist, der Peru-Guano. Unter Guano

versteht man die Anhäufung großer Mengen von Exkrementen von Pinguinen und bestimmten Pelikanarten, die sich auf den fast regenlosen peruanischen Küsteninseln finden. Der Stickstoff ist im Guano hauptsächlich als Harnsäure, einer organischen Stickstoffverbindung, enthalten, die den Pflanzen leicht zugänglich ist und ein vortreffliches Düngemittel bildet. Die stickstoffreichsten Lager sind indes abgebaut, und der Guano spielt heute für die Landwirtschaft eine geringe Rolle. Die Einfuhr nach Deutschland betrug 1907 nur 40 000 Tonnen im Werte von 5 Millionen Mark.

d) Atmosphärischer Stickstoff.

Wir wenden uns jetzt derjenigen Stickstoffquelle zu, die erst in den letzten Jahren erschlossen wurde, die aber, praktisch unerschöpflich, bestimmt ist, den Chilesalpeter auf dem Weltmarkte zu ersetzen und die Möglichkeit bietet, der Landwirtschaft hinreichende Mengen von Stickstoffdünger zu liefern, um den gesamten für den Ackerbau verfügbaren Boden auf die wünschenswerte hohe Kultur zu bringen.

Die Atmosphäre, die unsere Erdkugel umgibt, hat nach den Untersuchungen von Ritter, Flögel und Schiaparelli eine Höhe von 300 bis 400 km; nach Beobachtungen an Meteoren, die, sobald sie in die Atmosphäre eintreten, durch die Reibung glühend und alsdann sichtbar werden, ist sie sogar auf 750 km geschätzt worden. Die Erdatmosphäre besteht aus Gasen, die sich der Hauptmenge nach aus Stickstoff und Sauerstoff zusammensetzen. In geringer Höhe über der Erdoberfläche enthält die Luft dem Volumen nach 78,3 % Stickstoff, dem Gewichte nach 75,524 %. Mit zunehmender Höhe ändert sich die Zusammensetzung der Luft, wie aus der Tabelle von Hann ersichtlich ist, in der auch die andern in der Atmosphäre enthaltenen Gase aufgeführt sind:

Höhe . . .	0 km	10 km	20 km	50 km	100 km
Temperatur	10	—18	—38,5	—60,0	—80
	Volumen-Prozent				
Stickstoff .	78,03	81,20	84,34	79,17	0,099
Sauerstoff .	20,99	18,10	15,19	7,03	0,000
Argon . .	0,94	0,56	0,31	0,03	0,000
Kohlensäure	0,03	0,015	0,006	0,000	0,000
Wasserstoff .	0,01	0,035	0,147	13,645	99,448
Neon . . .	0,0015	0,002	0,004	0,000	0,000
Helium . .	0,00015	0,000	0,002	0,129	0,453
Krypton .	0,0001	0,000	0,000	0,009	0,000

Aus der Größe der Erdoberfläche und dem Luftdruck kann man das Gewicht der Lufthülle berechnen und findet diese gleich 5,2 Trillionen Kilogramm. Die über jedem Quadratkilometer Oberfläche stehende Luftsäule enthält etwa 8 Millionen Tonnen Stickstoff, eine Menge, die hinreichend ist, den Weltbedarf für 25 Jahre zu decken. Der Stickstoffvorrat der Luft kann in der Tat praktisch als unerschöpflich angenommen werden. Außerdem schicken wir beständig nicht unbedeutende Mengen von elementarem Stickstoff in die Luft, der aus Stickstoffverbindungen frei wird. Bei jeder Entzündung von Explosivstoffen, bei der Verbrennung von Holz, Torf, Steinkohlen, Braunkohlen und Koks, die noch ⅓ bis ½ des ursprünglichen Stickstoffes enthalten, wird Stickstoff entbunden und entweicht in die Atmosphäre.

Der Stickstoff ist in der Luft in freier, elementarer Form enthalten. Nur wenige niedrig stehende pflanzliche Organismen, von denen später die Rede sein wird, vermögen diesen direkt in ihren Körper aufzunehmen und in Eiweiß umzuwandeln. Um im allgemeinen den Pflanzen als Nahrung dienen und in der Industrie Verwendung finden zu können, muß, wie wir das schon früher hervorgehoben haben, der Stickstoff mit anderen Elementen, mit Sauerstoff, Wasserstoff oder Kohlenstoff zu chemischen Verbindungen vereinigt werden.

Das Problem der Stickstoffbindung ist früher mehr in theoretischem als praktischem Interesse behandelt worden. Erst in den letzten Jahren hat die drohende Erschöpfung der wichtigsten Stickstoffquelle und die beständige Preissteigerung des Stickstoffdüngers dazu angeregt, eine technische Lösung des Problems zu versuchen. Als technisch gelöst kann die Frage dann betrachtet werden, wenn ein Verfahren gefunden ist, das sich im Großbetriebe durchführen läßt und den Stickstoff zu einem Preise und in einer Menge auf den Markt bringen kann, der seine Verwertung im weitesten Umfange möglich macht.

Von den Methoden, die für die Stickstoffbindung vorgeschlagen und zum Teil mit Erfolg ausgearbeitet worden sind, wollen wir zuerst diejenigen besprechen, die die Bindung des Stickstoffes an Sauerstoff zum Ziele haben. Den Prozeß der Oxydation, der Verbindung einer Substanz mit Sauerstoff, pflegen wir Verbrennung zu nennen und so spricht man auch von den Methoden der Stickstoffverbrennung.

Drittes Kapitel.

Die Stickstoffverbrennung.

a) Die Theorie der Stickstoffverbrennung.

Wird Luft bis auf eine genügend hohe Temperatur erhitzt, so verbinden sich ihre beiden Hauptbestandteile, Stickstoff und Sauerstoff, miteinander zu Stickoxyd, einem farblosen Gase, das aus einem Atom Sauerstoff und einem Atom Stickstoff besteht und dessen chemische Formel NO geschrieben wird. Den Vorgang der Verbindung der beiden Gase drückt die chemische Symbolik in der Weise aus, daß sie schreibt:

$$N + O = NO.$$

Da man aus bestimmten Erscheinungen annehmen muß, daß zwei Atome eines Gases stets zu einer als Molekül bezeichneten Gruppe vereinigt sind, so schreibt man die Formel, die die Bildung von Stickoxyd aus Stickstoff und Sauerstoff ausdrückt, richtiger:

$$N_2 + O_2 = 2\ NO$$

und liest: Ein Molekül Stickstoff und ein Molekül Sauerstoff verbinden sich zu zwei Molekülen Stickoxyd.

Kühlt das durch Verbrennung entstandene Stickoxyd unter 600 ° C ab, so nimmt das Stickoxyd noch ein Atom Sauerstoff auf und verwandelt sich dabei in ein braunes, stechend riechendes, sehr giftiges Gas, die Untersalpetersäure:

$$2\ NO + O = 2\ NO_2.$$

Die Untersalpetersäure wird von Wasser gelöst, setzt sich aber dabei mit den Bestandteilen des Wassers, dem Wasserstoff und Sauerstoff, in der Weise um, daß die uns schon bekannte Salpetersäure (HNO_3) entsteht und salpetrige Säure, die sich in ihrer Zusammensetzung dadurch von der Salpetersäure unterscheidet, daß sie ein Sauerstoffatom im Molekül weniger enthält, ihre Formel demnach HNO_2 lautet.

$$2\ NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2.$$

Zur Erzeugung hoher Temperaturen ist kein Mittel geeigneter als der elektrische Flammenbogen, und bei den Untersuchungen der letzten zwanzig Jahre hat man sich fast ausschließlich der elektrischen Flamme bedient. Spottiswoode hatte 1886 beobachtet, daß hochgespannter Wechselstrom sich bei hinreichend geringem Abstande der Elektroden in Form einer Flamme entladet, die voll-

kommen das Bild einer aus einer schlitzförmigen Öffnung brennenden Gasflamme gewährt.

Läßt man einen Wechselstrom von 4000 Volt Spannung zwischen Platinelektroden überspringen, die sich in einem Abstande von 4 cm voneinander befinden, so erhält man eine Flamme von 8 cm Höhe, an der man deutlich drei Zonen unterscheiden kann. Zwischen den Elektroden spannt sich zu unterst ein schwach nach oben gewölbtes, weiß-grünlich leuchtendes Lichtband aus, darüber erhebt sich bis zu 5 cm Höhe eine grünlich-blaues Licht aussendende Zone, und diese ist umgeben von einem blaß gelbbraun leuchtenden Mantel, der den größten Teil der Flamme bildet (s. die Abbildung 1). „Die Flamme brennt ohne jedes Geräusch, flackert im Luftzuge wie eine Kerzenflamme und kann bei größerer Elektrodenentfernung wie eine solche ausgeblasen werden." Die Vermutungen, die man zuerst über die Vorgänge in den verschiedenen Zonen der elektrischen Flamme ausgesprochen hatte, haben sich nicht als ganz zutreffend erwiesen. Man hatte angenommen, daß Zone 1 ausschließlich der Stromleitung diene, daß in Zone 2 die Verbrennung des Stickstoffes zu Stickoxyd stattfände, und von Zone 3 glaubte man, wohl verleitet durch die gelbbraune Färbung der Flamme, daß hier die weitere Oxydation des Stickoxydes zu Untersalpetersäure vor sich gehe. Richtig ist, daß die Leitung des elektrischen Stromes ausschließlich in der untersten Zone, in dem weiß-grünlich leuchtenden Lichtbande erfolgt. Brode zeigte das auf folgende sehr einfache Weise: führte er einen festen Körper in Zone 2 oder 3 ein, so zeigten Stärke und Spannung des Stromes keine Veränderung. Wurde der Körper von oben her gegen die leicht aufwärts gebogene Zone 1 gedrückt, so flachte der Bogen ab, das Lichtband wurde kürzer und gleichzeitig nahm die Stromstärke zu und die Spannung ab. Die Verkürzung des Lichtbandes wirkte als Verringerung des Widerstandes im Leitungskreise des elektrischen Stromes. Wurde dagegen der Körper von unten her in die Flamme geführt, so nahm die Aufwärtskrümmung des Lichtbandes und damit auch seine Länge zu, und die Meßapparate zeigten eine Vergrößerung des Leitungswiderstandes an, indem die Stromstärke abnahm, die

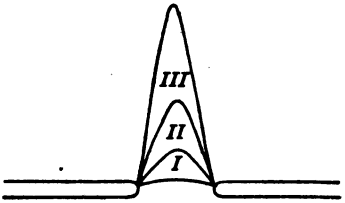


Abb. 1.
Stickstoffflamme nach J. Brode.

Spannung aber stieg. Die unterste Zone 1 dient also der Stromleitung, und in ihr, sie ist der heißeste Teil der Flamme, vollzieht sich auch hauptsächlich die Verbrennung des Stickstoffes zu Stickoxyd. In der Zone 3 geht aber keineswegs, wie man angenommen hatte, die Oxydation des Stickoxydes zu Untersalpetersäure vor sich, sondern es wird im Gegenteil in ihr ein Teil des in Zone 1 und 2 gebildeten Stickoxydes wieder zurückgebildet, also wieder in Stickstoff und Sauerstoff zersetzt. Brode saugte mit Hilfe einer Platinkapillare, die sich der Kühlung wegen ihrer ganzen Länge nach in einem von Wasser durchflossenen Mantel aus Platin befand, Gas aus der Zone 3 ab und fand darin 6,7 % Stickoxyd, während in dem Gefäß, in dem die Flamme brannte, nur 4,6 % nachgewiesen werden konnte. Er schloß daraus, daß ungefähr ein Drittel des aus Zone 1 und 2 kommenden Stickoxydes in der Zone 3 der Flamme wieder zerfalle. Durch die hohe Temperatur wird demnach nicht nur Stickoxyd gebildet, sondern auch zerstört. Dies läßt sich eindeutig dadurch nachweisen, daß man Stickoxyd durch eine weißglühende Röhre leitet, dabei zerfällt das Stickoxyd zum größten Teile in seine Bestandteile.

Die Chemie nennt solche Prozesse, die sowohl nach der einen als nach der andern Richtung verlaufen können, umkehrbare. Die Stickoxydbildung aus den Elementen ist also, wie übrigens jede Gasreaktion, ein umkehrbarer Prozeß. In der chemischen Formelschrift drückt man die Umkehrbarkeit eines Prozesses dadurch aus, daß man die Reaktionsformel in folgender Weise schreibt:

$$N_2 + O_2 \rightleftarrows 2\ NO.$$

Alle umkehrbaren Reaktionen haben die Eigentümlichkeit, daß sie niemals vollständig verlaufen. Befinden sich in einem Raume, der eine für den Eintritt der Stickoxydbildung genügend hohe Temperatur besitzt, z. B. 100 Moleküle Stickstoff und ebensoviele Moleküle Sauerstoff, so werden sich, solange man auch erhitzen mag, niemals alle vorhandenen Stickstoff- und Sauerstoffmoleküle zu Stickoxyd vereinigen. Wenn die Stickoxydkonzentration eine bestimmte Höhe erreicht hat, tritt keinerlei Veränderung mehr ein. Man hat sich den Vorgang dabei folgendermaßen zu denken. Im Anfange der Reaktion, wenn nur Stickstoff- und Sauerstoffmoleküle vorhanden sind, geschieht die Stickoxydbildung mit großer Energie, mit großer Geschwindigkeit. Je mehr Stickoxyd gebildet worden ist, um so langsamer verläuft die Bildung, und zugleich beginnt

der Zerfall des Stickoxydes, dessen Geschwindigkeit mit der Menge des sich bildenden Stickoxydes zunimmt. Schließlich tritt bei einer bestimmten Stickoxydkonzentration ein Zustand ein, in dem ebensoviel Stickoxyd zerstört wird wie entsteht, wo also die vorhandene Menge Stickoxyd keine Veränderung mehr erfährt. Diesen Zustand nennt man den Gleichgewichtszustand der Reaktion. Will man erreichen, daß bei einer Gasreaktion alle vorhandenen Moleküle bis zu ihrem vollkommenen Verbrauch sich an der Reaktion beteiligen, daß also, auf unseren Fall angewendet, alle vorhandenen Stickstoff- und Sauerstoffmoleküle sich zu Stickoxyd vereinigen, so muß dafür Sorge getragen werden, daß die Rückzersetzung des Stickoxydes in Stickstoff und Sauerstoff nicht eintritt, was nur dadurch erzielt werden kann, daß man das Reaktionsprodukt, also das Stickoxyd, aus der Reaktionszone entfernt.

Handelt es sich darum, die Bedingungen zu finden, unter denen die Verbrennung von Stickstoff am günstigsten verläuft, unter denen also bei Aufwendung einer bestimmten Wärmemenge oder einer gegebenen Menge elektrischer Energie die möglich größte Menge Stickoxyd gebildet wird, so muß man, will man nicht planlos herumprobieren, die Gesetze kennen, von denen die Bildung des chemischen Gleichgewichtszustandes abhängig ist.

Die für das Gleichgewicht im allgemeinen maßgebenden Umstände sind der Druck, unter dem die miteinander reagierenden Gase stehen, das Mengenverhältnis der Gasmoleküle und die Temperatur.

Der Druck hat nur dann einen Einfluß, wenn durch die Vereinigung der Gase, also durch den Eintritt der chemischen Reaktion, eine Veränderung des Volumens stattfindet. Ist dieses der Fall und ändert man den Druck, unter dem die reagierenden Gase stehen, so tritt eine Verschiebung des Gleichgewichtes ein, d. h. der Gleichgewichtszustand wird entweder erst bei einer höheren Konzentration des Reaktionsproduktes erreicht oder schon bei einer geringeren. Verläuft der Prozeß mit einer Verringerung des Volumens, wie das z. B. bei der Verbrennung des Kohlenoxydgases (CO) zu Kohlensäure (CO_2) der Fall ist, wo sich zwei Volumina Kohlenoxyd mit einem Volumen Sauerstoff nicht zu drei, sondern nur zu zwei Volumina Kohlensäure verbinden,

$$2 \text{ Vol. } CO + 1 \text{ Vol. } O_2 = 2 \text{ Vol. } CO_2,$$

so wird durch diesen Vorgang, da das Volumen der Gase durch die fortschreitende Bildung von Kohlensäure beständig abnimmt, auch

der Druck in gleichem Maße geringer werden. Erhöht man nun durch irgendwelche Maßnahmen den Druck in dem Reaktionsgefäße, in dem die Verbrennung des Kohlenoxydes zu Kohlensäure geschieht, so verschiebt sich das Gleichgewicht in dem Sinne, daß durch die Verschiebung der Drucksteigerung entgegengewirkt, diese also durch die Gleichgewichtsverschiebung ausgeglichen wird. Die Drucksteigerung wird also bewirken, daß die Kohlensäurebildung weiter fortschreitet, da ja diese mit einer Volumenverminderung, also einer Druckerniedrigung einhergeht. Die Drucksteigerung wird also in diesem Falle den Fortgang der Reaktion beschleunigen, die Lage des Gleichgewichtes demnach so verschieben, daß es erst bei einer höheren Kohlensäurekonzentration erreicht wird. Haben wir es aber mit einem Prozeß zu tun, der zu einer Volumenvermehrung führt, so wird eine Drucksteigerung gerade den entgegengesetzten Erfolg haben, das Gleichgewicht wird schon bei einer niedrigeren Konzentration des Reaktionsproduktes erreicht werden, der Prozeß zum Stillstand kommen oder, wenn das Gleichgewicht vor der Drucksteigerung eingetreten war, eine Rückzersetzung eintreten. Eine Änderung des Druckes wird demnach das Gleichgewicht immer in dem Sinne verschieben, daß durch die Verschiebung die Druckänderung aufgehoben wird.

Die Vereinigung von Stickstoff und Sauerstoff zu Stickoxyd verläuft ohne Volumänderung. Ein Volumen Stickstoff verbindet sich mit einem Volumen Sauerstoff zu zwei Volumina Stickoxyd

$$1 \text{ Vol. } N_2 + 1 \text{ Vol. } O_2 = 2 \text{ Vol. NO.}$$

Die Reaktion verläuft aus diesem Grunde unabhängig vom Druck. Doch gilt das natürlich nur für eine bestimmte Luft*menge*. Betrachten wir dagegen den Einfluß des Druckes für ein bestimmtes gegebenes *Volumen*, in das bei steigendem Druck immer mehr Luft eingepreßt wird, so wächst die Gleichgewichtskonzentration selbstverständlich proportional mit dem Druck. Außerdem wächst mit dem Druck auch die Reaktionsgeschwindigkeit, die dem Quadrat des Druckes proportional ist. Man kann demnach auch bei höherem Druck die Geschwindigkeit, mit der die Luft durch die Reaktionszone getrieben wird, vergrößern, ohne daß ihr Gehalt an Stickoxyd abnehmen wird. Dadurch kann natürlich die Ausbeute an Stickoxyd erheblich gesteigert werden. *Muthmann* und *Hofer* erhielten bei einem Druck von 1 · 4 Atmosphären dieselbe Konzentration von 3—4 % Stickoxyd wie bei gewöhnlicher Luft. Durch Erhöhung

der Geschwindigkeit des Luftstromes konnten sie aber die Ausbeute von 1 · 2 Salpetersäure auf 3,5 Salpetersäure pro Stunde steigern. Rossi hat bei gleichem Volumen und Drucken bis 90 Atmosphären gearbeitet. Bei einem Druck von 50 Atmosphären fand er im Liter 160 ccm Stickoxyd, während man unter gleichen Bedingungen bei gewöhnlichem Druck nur 3 · 2 ccm Stickoxyd im Liter erhalten haben würde. Änderungen des Druckes können demnach bedeutende Vorteile gewähren. Eine Schwierigkeit sich dieses Vorteils zu bedienen, besteht darin, daß der elektrische Leitungswiderstand der Luft proportional dem Drucke steigt, so daß schon bei geringer Druckerhöhung die Unterhaltung eines wirkungsfähigen elektrischen Lichtbogens außerordentlich schwierig, wenn nicht unmöglich wird.

Der Einfluß der Mengenverhältnisse der Gasmoleküle auf den Verlauf der Reaktion wird bestimmt durch das „Massenwirkungsgesetz" von Guldberg und Waage. Dieses Gesetz lehrt, daß die Lage des Gleichgewichtes abhängig ist von dem Verhältnisse der Konzentrationen der an der Reaktion teilnehmenden Moleküle. Aus dem Gesetz, das hier nicht weiter behandelt werden kann, folgt, daß die günstigsten Bedingungen dann vorliegen, wenn die Gase in dem Verhältnisse vorhanden sind, in dem sie sich miteinander vereinigen. In der Luft ist, wie schon wiederholt hervorgehoben, die Konzentration des Stickstoffes größer als die des Sauerstoffes. Die Versuche lehren, daß durch die Zumischung von reinem Sauerstoff zu der atmosphärischen Luft die Ausbeute an Stickoxyd wächst und daß bei gleichen Volumina Stickstoff und Sauerstoff unter sonst gleichen Verhältnissen das Maximum an Stickoxyd erhalten wird.

Von dem größten Einflusse auf die Lage des Gleichgewichtes und die Geschwindigkeit, mit der es sich einstellt, ist die Temperatur. In welchem Sinne Änderungen der Temperatur auf den Verlauf des Prozesses einwirken, wird ähnlich wie die Abhängigkeit vom Druck durch eine gewisse Eigentümlichkeit des Prozesses selbst bestimmt. Jede chemische Umsetzung verläuft nämlich entweder unter Wärmeabgabe oder Wärmeaufnahme. Man unterscheidet danach alle chemischen Prozesse als exothermische und endothermische. Wenn sich Kohlenstoff mit Sauerstoff verbindet, so vollzieht sich diese Oxydation unter Abgabe von Wärme. Wir benutzen ja die Verbrennung von Kohlenstoff direkt zur Wärmeerzeugung. Bei der Verbindung des Stickstoffes mit Sauerstoff zu Stickoxyd wird dagegen Wärme verbraucht. Die Verbrennung des Stickstoffes zu Stickoxyd ist ein endothermischer Prozeß. Eine Änderung der

Temperatur verschiebt nun das Gleichgewicht immer in dem Sinne, daß durch die Verschiebung der Temperaturänderung entgegengewirkt wird. Jeder endothermische Prozeß, sagen wir, verläuft unter Wärmeaufnahme, es verschwindet dabei Wärme. Der Prozeß selbst wirkt also der durch äußere Wärmezufuhr erzeugten Temperatursteigerung entgegen. Demnach wird jeder endothermische Prozeß durch Temperatursteigerung begünstigt werden. Das Gleichgewicht wird mit steigender Temperatur so verschoben, daß es erst bei höherer Konzentration des Reaktionsproduktes eintritt. Außerdem nimmt mit steigender Temperatur die Geschwindigkeit, mit der sich das Gleichgewicht einstellt, außerordentlich schnell zu. Daraus folgt, daß der Gehalt der durch den Lichtbogen geführten Luft an Stickoxyd mit der Höhe der durch den Lichtbogen erzeugten Temperaturen zunimmt.

Die ersten Versuche, den Gleichgewichtszustand bei verschiedenen Temperaturen festzustellen, wurden von Muthmann und Hofer unternommen. Die beiden Forscher bedienten sich für ihre Arbeiten eines vierfach tubulierten Glasgefäßes. Zwei der quadratisch angeordneten Tuben dienten zur Einführung der Elektroden, zwischen denen ein Wechselstromlichtbogen erzeugt wurde, die beiden anderen waren bestimmt, atmosphärische Luft oder ein Stickstoff-Sauerstoffgemisch aus einem Gasometer in das Gefäß einzuleiten und das erzielte Reaktionsprodukt den Absorptionsgefäßen oder den gasanalytischen Apparaten zuzuführen, in denen die Zusammensetzung des Gasgemisches untersucht werden konnte. Um die Menge der gebildeten Salpetersäure zu bestimmen, wurde nicht nur die Menge der in den Absorptionsgefäßen festgehaltenen Säure gemessen, sondern auch das abströmende, nicht absorbierte Gasgemisch auf seinen Gehalt an freiem Sauerstoff untersucht. Es zeigte sich, daß trotz der wechselnden Luftgeschwindigkeiten, die Muthmann und Hofer bei ihren Versuchen anwandten, die Zusammensetzung des abströmenden, nicht absorbierbaren Gasgemisches sich fast gar nicht änderte. Der Gehalt an freiem Sauerstoff wurde immer gleich 18 % gefunden. Da die atmosphärische Luft gegen 20,8 % enthält, so waren stets 2,8 % Sauerstoff für die Oxydation des Luftstickstoffes verbraucht worden. Aus diesen Versuchen geht unzweifelhaft hervor, daß beim Durchstreichen der Luft durch die Flamme sich ein Gleichgewicht hergestellt hatte und daß selbst bei den größten von Muthmann und Hofer angewandten Strömungsgeschwindigkeiten das Gas immer noch lange genug in der

Flamme geblieben war, daß sich das Gleichgewicht einstellen konnte. Steigert man die Luftgeschwindigkeit über eine bestimmte Grenze hinaus, so nimmt, wie das von andern Experimentatoren gezeigt worden ist, der Gehalt der abströmenden Luft an freiem Sauerstoff wieder zu, woraus hervorgeht, daß unter diesen Umständen die Berührung der Luft mit dem Lichtbogen zu kurz war, um den Gleichgewichtszustand herbeizuführen. Die von Muthmann und Hofer angestellten Versuche, die Abhängigkeit der Gleichgewichtskonzentration von der Höhe der Temperatur darzustellen, führten infolge der von ihnen angewandten mit starken Fehlern behafteten Methode der Temperaturbestimmung zu unrichtigen Resultaten. Diese wichtigen Beziehungen wurden erst durch die Arbeiten von W. Nernst, Finkh und Jellinek klargestellt, denen es gelang, die großen technischen Schwierigkeiten, die der Lösung dieser Frage entgegen standen, in ausgezeichneter Weise zu überwinden.

Ehe wir auf diese interessanten Versuche näher eingehen, müssen wir eines Umstandes gedenken, der sowohl für die Theorie als auch besonders für die Praxis des Luftverbrennungsverfahrens von großer Bedeutung ist. Treten die Gase aus der elektrischen Flamme, also aus dem heißesten Teile der Reaktionszone aus, so findet natürlich eine Abkühlung statt, die Temperatur der Gase sinkt. Da aber die Gleichgewichtskonzentrationen bei niedrigeren Temperaturen geringer sind als bei höheren, so muß mit der Abkühlung notwendig eine Rückbildung von Stickoxyd, ein Zerfall in seine Elemente verbunden sein. Bei hohen Temperaturen geht dieser Zerfall des Stickoxydes in Stickstoff und Sauerstoff sehr rasch vor sich. Die Zerfallsgeschwindigkeit sinkt aber mit der Temperatur sehr schnell und bei 1000 ° C ist sie so gering geworden, daß bei dieser Temperatur die Rückbildung des Stickoxydes technisch ohne Bedeutung ist.

Jellinek hat bei seinen Untersuchungen die Zersetzungsgeschwindigkeit des Stickoxydes für Temperaturen zwischen 690 ° C und 1750 ° C bestimmt und aus der gefundenen Gesetzmäßigkeit die Zersetzungsgeschwindigkeit für tiefere und höhere Temperaturen berechnet.

Zeit, die erforderlich ist, um reines Stickoxyd von Atmosphärendruck zur Hälfte zu zersetzen:

Temperatur	Zeit	Temperatur	Zeit
627 ° C	123 Stunden	1427 ° C	15 Sekunden
827 ° C	10 =	1627 ° C	1 =
1027 ° C	44 Minuten	1827 ° C	0,07 =
1227 ° C	3 =	2027 ° C	0,005 =

Erfolgt die Abkühlung langsam, so wird die Rückbildung des Stickoxydes mit der Abkühlung Schritt halten, und die Ausbeute an Stickoxyd sehr gering sein. Geht aber die Abkühlung der Gase sehr schnell vor sich, so kann der Zerfall des Stickoxydes, d. h. die Einstellung der Konzentration auf das entsprechende Gleichgewicht, der sinkenden Temperatur nicht folgen. Wir werden in diesem Falle bei 1000 ° C eine Konzentration finden, die einer viel höheren Temperatur entspricht, und da nun bei 1000 ° C praktisch die Rückbildung aufhört, so „friert" bei dieser Temperatur das Gleichgewicht ein, der Gehalt der Gase an Stickoxyd ist ein höherer und die Ausbeute eine bessere.

Nernst und die mit ihm zusammen arbeitenden beiden andern Forscher beschränkten ihre Untersuchungen auf Temperaturen bis 2000 ° C, die noch in einwandsfreier Weise exakt gemessen werden können. Sie bedienten sich zu ihren Versuchen eines Rohres, das für die niedrigeren Temperaturen aus Platin, für die höheren aus Iridium bestand. Das aus 2 mm starkem Iridium gefertigte Rohr war 200 mm lang und hatte eine lichte Weite von 40 mm. Dieses Rohr war von einem 60 mm weiten Rohr von geschmolzener Magnesia umgeben, das wiederum in einem 160 mm weiten Schamotterohr steckte. Der Zwischenraum zwischen dem Magnesia- und dem Schamotterohr war mit gekörnter geschmolzener Magnesia ausgefüllt. Erhitzt wurde das Iridiumrohr dadurch, daß ein elektrischer Strom hindurchgeleitet wurde. Zu diesem Zweck waren die Enden des Rohres mit aufgelöteten Platinflanschen versehen, an die mit Nickelschrauben dicke Bänder aus weichem Silber befestigt waren, die mit den stromführenden Kabeln in Verbindung standen. Da das Iridium nur einen geringen elektrischen Widerstand besitzt, mußte ein elektrischer Strom von sehr niedriger Spannung verwendet werden. Um das Iridiumrohr auf 2000 ° C zu erhitzen, war ein Strom erforderlich, der bei nur 5 Volt Spannung 1200 Ampere lieferte! Die aus diesem Ofen austretende Luft wurde durch ein Schlangenröhrchen mit konzentrierter Schwefelsäure geführt, das das gebildete Stickoxyd vollständig absorbiert. Nach Beendigung des Versuches wurde die Menge des absorbierten Stickoxydes genau bestimmt. Die Messung der Temperatur geschah mit Hilfe eines Thermoelementes.

Bei der Durchleitung der Luft durch den Ofen müssen zwei Umstände berücksichtigt werden. Einmal soll die Luft so lange in der Erhitzungszone verbleiben, daß das Stickoxydgleichgewicht sicher

erreicht wird, zweitens muß nach erreichtem Gleichgewicht die Luft so schnell abgekühlt, also aus dem Rohr entfernt werden, daß eine Rückzersetzung des gebildeten Stickoxydes vermieden wird.

Um die notwendige rasche Abkühlung herbeizuführen, wurde das Reaktionsgefäß an der Austrittsstelle so verengt, daß die Ausströmungsgeschwindigkeit des Gases sehr groß wurde. Um beurteilen zu können, ob bei einem bestimmten Versuch das Gleichgewicht erreicht worden ist, wiederholt man den Versuch unter den gleichen Bedingungen, läßt aber die Luft mit geringerer Geschwindigkeit durch das Heizrohr treten. Nimmt bei verminderter Strömungsgeschwindigkeit der Gehalt der austretenden Luft an Stickoxyd noch weiter zu, so ist das ein sicheres Zeichen dafür, daß bei dem Versuch mit höherer Luftgeschwindigkeit das Gleichgewicht nicht erreicht worden war. So wurde z. B. in einem Versuch durch den auf 1760 ° C erhitzten Iridiumofen 1 Liter Luft in 10 Minuten hindurchgeleitet. Die austretende Luft enthielt 0,3 % Stickoxyd. Als dann bei derselben Temperatur die Strömungsgeschwindigkeit so verlangsamt wurde, daß die Durchleitung von 1 Liter Luft 23 Minuten in Anspruch nahm, fand sich ein Stickoxydgehalt von 0,6 %. Daraus folgt, daß bei dem ersten Versuch das Gleichgewicht nicht erreicht worden war. In einem andern Versuch, bei dem die Temperatur des Iridiumrohres 1922 ° C betrug, wurde ein Liter Luft einmal in 9,5 Minuten und ein zweites Mal in 24 Minuten hindurchgeführt. In beiden Versuchen wurde ein Stickoxydgehalt von 0,8 % gefunden. Diese Unabhängigkeit der gebildeten Stickoxydmenge von der Luftgeschwindigkeit beweist, daß der Gleichgewichtszustand erreicht worden war. Eine andere Methode, sich von dem Zustandekommen des Gleichgewichtes zu überzeugen, besteht darin, daß man unter den gleichen Bedingungen einmal reine Luft durch den Ofen schickt und dann Luft, der man mehr Stickoxyd zugesetzt hat und zwar mehr als dem Gleichgewichtszustand entspricht. Bei dem Versuch mit reiner Luft führt die Reaktion durch Bildung von Stickoxyd zum Gleichgewicht, bei dem zweiten Versuch dagegen durch Zerstörung von Stickoxyd. Findet man in beiden Versuchen den Gehalt der ausströmenden Gase an Stickoxyd gleich groß, so ist damit erwiesen, daß der Gleichgewichtszustand während der Reaktion erreicht worden ist.

Auf diese Weise ist es Nernst und seinen Mitarbeitern nach Überwindung noch vieler hier nicht weiter auszuführenden Schwierigkeiten gelungen, Werte für das Stickoxydgleichgewicht bei ver-

schiedenen Temperaturen bis zu 1922 ° C zu bestimmen. Die durch das Experiment gefundenen Daten genügen aber, um auf Grund der Bildungsgesetze die Gleichgewichtskonzentrationen für höhere Temperaturen zu berechnen. Die Abbildung stellt den Prozentgehalt der Luft an Stickoxyd zwischen 1200 ° und 3000 ° C in einer Kurve dar, die die Abhängigkeit der Konzentration von der Temperatur gut zur Anschauung bringt.

Die folgende Tabelle, der die Bestimmungen und Berechnungen von Jellinek zugrunde liegen, gibt uns Auskunft über die Bildungsgeschwindigkeit des Stickoxydes bei verschiedenen Temperaturen. Zeit, die erforderlich ist, um in Luft von Atmosphärendruck die Hälfte des im Gleichgewicht möglichen Stickoxydes zu erzeugen.

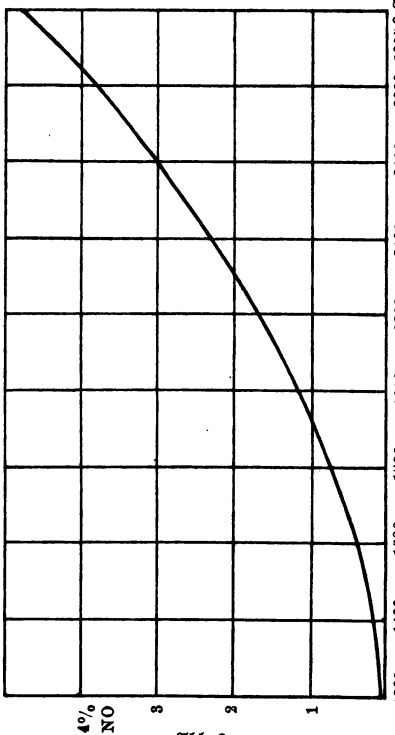


Abb. 2.
Kurve der Stickoxydkonzentration zwischen 1200 und 3000 °.

Temperatur	Zeit
727 ° C	81 Jahre
1227 ° C	30 Stunden
1427 ° C	1 Stunde
1627 ° C	2 Minuten
1827 ° C	5 Sekunden
2027 ° C	0,2 "
2227 ° C	0,01 "
2627 ° C	0,00003 "

Um für die über 2000 ° C liegenden Temperaturen die Gleichgewichtskonzentrationen experimentell zu bestimmen und dadurch auch die von Nernst nur berechneten Werte einer Prüfung zu unterziehen, wandte man eine Methode an, die darauf beruht, daß man zu explosiven Gasgemischen eine bestimmte Menge atmosphärischer Luft hinzufügte und entzündete. Durch die Explosion wird die beigemengte Luft für

kurze Zeit auf eine so hohe Temperatur gebracht, daß der Luftstickstoff verbrennt, also Stickoxyd gebildet wird.

Bereits Cavendish (1784) hat Wasserstoff mit Luft gemischt und beobachtet, daß bei der Explosion dieses „Knallgases" Salpetersäure gebildet wurde. Er konnte auch feststellen, daß die Menge der so erzeugten Salpetersäure von dem Verhältnis des Wasserstoffes zum Sauerstoff in dem Gasgemisch abhängig war. Je weniger Wasserstoff und je mehr Sauerstoff das Knallgas enthielt, um so reicher war die Ausbeute an Salpetersäure. Sehr viel genauere Aufschlüsse über diese Verhältnisse erhielten wir durch die Untersuchungen von Bunsen. Um den Gehalt eines Gasgemisches an Sauerstoff zu bestimmen, kann man so verfahren, daß man Wasserstoff hinzufügt und alsdann das Ganze durch Entzündung zur Explosion bringt. Aus der Menge des durch Verbrennung des Wasserstoffes gebildeten Wassers sowie aus der Menge der rückständigen Luft kann der Sauerstoffgehalt berechnet werden. Bunsen hatte die Beobachtung gemacht, daß die mit Hilfe dieser Methode erhaltenen Werte Fehler zeigten, wenn das Gasgemisch Stickstoff enthielt. Er stellte sich nun die Aufgabe, ausfindig zu machen, unter welchen Bedingungen diese Methode bei Gegenwart von Stickstoff genaue Werte ergab. Zu diesem Zwecke mischte er reines Knallgas, d. h. ein Gas, das auf zwei Volumina Wasserstoff ein Volumen Sauerstoff enthielt, mit verschiedenen Mengen Luft und fand, daß 100 Volumen Luft mit

26 · 26	Vol.	Knallgas	verbrannt	100 · 02	rückständige	Luft
34 · 66	=	=	=	100 · 15	=	=
43 · 72	=	=	=	100 · 07	=	=
51 · 12	=	=	=	99 · 98	=	=
64 · 31	=	=	=	99 · 90	=	=
78 · 76	=	=	=	99 · 43	=	=
97 · 84	=	=	=	96 · 92	=	=
226 · 04	=	=	=	88 · 56	=	=

ergaben, daß man also bei dieser Sauerstoffbestimmungsmethode nie mehr als 26—64 Volumen Knallgas auf 100 Volumen Luft verwenden dürfe, um Fehler durch Salpetersäurebildung zu vermeiden. Um nun aus den angeführten Zahlen die Menge der bei den einzelnen Versuchen gebildeten Salpetersäure zu berechnen, muß beachtet werden, daß das entstandene Stickoxyd (NO) sich mit überschüssigem Sauerstoff zu Stickstoffdioxyd (NO_2) verbindet,

das von dem entstandenen Wasser aufgenommen wird. Daraus folgt, daß bei dem letzten Versuch z. B.

$$(100 - 88 \cdot 56) \times 2/3 = 7 \cdot 63 \text{ Vol. Stickstoffdioxyd}$$

gebildet worden sind.

Später hat Veith diese Untersuchungen wieder aufgenommen und dabei auch die Frage zu beantworten versucht, in welcher Weise die Menge der entstehenden Salpetersäure von dem Drucke abhängig ist, unter dem die Explosion geschieht. Er fand, daß die Menge des Dioxydes bei konstantem Druck (250—260 mm) der bei der Explosion vorhandenen Knallgasmenge direkt proportional ist und abhängig von dem Druck, unter dem die Explosion vor sich geht. Bei kleineren Drucken wächst die Menge des Dioxydes mit dem Druck, bei größeren Drucken scheint dieselbe eine maximale Grenze zu erreichen.

Um auf Grund solcher Versuche die Gleichgewichtskonzentration bestimmen zu können, ist es notwendig, die Dauer der Explosion zu kennen und zu wissen, welche Temperatur durch die explosive Verbrennung erreicht worden ist. Von der Höhe der Temperatur ist, wie wir wissen, die Konzentration, d. h. die Menge des gebildeten Stickoxydes direkt abhängig, und die Dauer der Explosion gestattet ein Urteil darüber, wie lange die Luft der Einwirkung der betreffenden Temperatur ausgesetzt war, ob also das Gleichgewicht erreicht worden ist oder nicht. Die durch solche Knallgasexplosionen erzielbare Temperatur wurde aus den bei den Explosionen auftretenden Drucken auf 2300—2400 ° C bestimmt. Die Dauer der Explosionen war in allen Versuchen geringer als 0,001 Sekunden, so daß der Gleichgewichtszustand meistens nicht erreicht wurde. Damit stimmt überein, daß die gefundenen Stickoxydkonzentrationen nur in wenigen Fällen den von Nernst berechneten Gleichgewichtswert aufwiesen. Nernst konnte indes durch die Annahme, daß in diesen von Finkh ausgeführten Versuchen die Zeit, während der die Maximaltemperatur herrschte, der Quadratwurzel aus dem Druck proportional sei, eine Formel finden, aus der sich die von Finkh tatsächlich erhaltenen Werte mit überraschender Genauigkeit ableiten ließen.

Die theoretischen Untersuchungen haben uns die Bedingungen kennen gelehrt, von denen die größere oder geringere Ausbeute an Stickoxyd bei der Luftverbrennung abhängt. Ehe wir nun dazu übergehen, zu prüfen, wie sich die Technik diese Einsichten zu nutze gemacht hat, wollen wir die sehr wichtige Frage zu beantworten

suchen, wie groß denn überhaupt die Stickoxydgewinnung bei der Verbrennung werden kann, welches also die maximale Ausbeute ist, deren Erreichung von der Technik angestrebt werden soll.

Wir wollen annehmen, daß atmosphärische Luft (ohne Zumischung von Sauerstoff) verbrannt wird, und daß die Verbrennung bei einer Temperatur von 4200 ° C vor sich geht. Nach den Gleichgewichtsberechnungen beträgt die Gleichgewichtskonzentration bei dieser Temperatur 10 % Stickoxyd. Diese 10 % sollen 300 g ausmachen, die durch Behandlung mit Luft und Wasser 630 g Salpetersäure (HNO_3) ergeben würden. Um durch Verbrennung 300 g Stickoxyd zu erhalten, müßten 2854 g Luft auf 4200 ° C erhitzt werden. Unter Berücksichtigung der spezifischen Wärme der Luft berechnet sich die dazu erforderliche Wärmemenge auf 3 914 000 cal. (Eine cal im Gegensatz zur großen Kalorie, Cal, kleine Kalorie genannt, ist diejenige Wärmemenge, die erforderlich ist, um einen Kubikzentimeter Wasser um einen Grad Celsius zu erhöhen.) Wir haben oben angegeben, daß die Bildung von Stickoxyd aus seinen Elementen ein endothermischer Prozeß sei, daß bei der Bildung von Stickoxyd Wärme gebunden werde. Diese Bildungswärme des Stickoxydes beträgt für je 30 g 21 600 cal, für 300 g also 216 000 cal. Die Gesamtwärmemenge, die aufgewendet werden muß, um 300 g Stickoxyd durch Verbrennung bei 4200 ° C zu erzeugen, beträgt demnach 4 130 400 cal. In elektrisches Maß umgerechnet sind das 17 286 Kilowattsekunden oder 4,71 Kilowattstunden. Daraus berechnet sich die theoretische Ausbeute für eine Kilowattstunde auf 212 g Salpetersäure (HNO_3). Stellt man dieselbe Rechnung für eine Temperatur von 3200 ° C an, so ergibt sich für diese Temperatur eine theoretische Ausbeute von 93,5 g Salpetersäure pro Kilowattstunde. Es ist allgemein üblich, die Ausbeute für das Jahr anzugeben. Das Jahr zu $365 \cdot 24 = 8760$ Kilowattstunden angenommen, würde der Ertrag für das Kilowattjahr, je nachdem man mit einer Temperatur von 4200 oder 3200 ° C arbeitet, rund gerechnet 1850 oder 819 kg Salpetersäure ausmachen.

Der weniger heiße Lichtbogen ergibt also eine sehr viel geringere Ausbeute. Dazu kommt noch, daß die Weiterverarbeitung der durch die Verbrennung erzeugten „nitrosen Gase" um so schwieriger ist und um so kompliziertere Einrichtungen erfordert, je weniger davon die Luft enthält. Bei einer Temperatur von 3200 ° C liegt das Gleichgewicht bei einer Stickoxydkonzentration von nur 5 %. Der heißere Lichtbogen würde mit seiner doppelt so hohen Konzentration auch

für die Weiterverarbeitung des Stickoxydes günstigere Verhältnisse bieten. Die niedrigere Temperatur hat ihrerseits andere sehr erhebliche Vorteile. Das bei 3200° hergestellte Gleichgewicht friert im Abkühlungsgebiet schnell ein, so daß der Verlust an Stickoxyd durch Rückbildung nicht bedeutend ist. Bei einer Temperatur von 4200° C sind die Bedingungen für eine rasche Abkühlung viel ungünstiger. Man müßte sehr wirksame künstliche Abkühlungsvorrichtungen anwenden, um nicht bedeutende Verluste an Stickoxyd durch Rückzersetzung zu erleiden. Ferner muß beachtet werden, daß der Wärmeverlust durch Strahlung bei 4200° viel größer ist als bei einer um 1000° niedrigeren Temperatur, da die Wärmeabgabe durch Strahlung außerordentlich schnell mit der Temperatur zunimmt. Die abgestrahlte Wärme wird von den Wänden des Gefäßes aufgenommen, in dem die Stickstoffverbrennung stattfindet, geht also für den Prozeß selbst verloren.

b) Die Praxis der Luftstickstoffverbrennung.

Bei allen technischen Untersuchungen steht natürlich die Frage der Wirtschaftlichkeit der dabei angewandten Verfahren an erster Stelle. Aus den theoretischen Untersuchungen wissen wir, daß bei der Erhitzung der Luft mit Hilfe elektrischer Lichtbogen die maximale Ausbeute etwa 200 g Salpetersäure für die Kilowattstunde beträgt. Da ein Teil der erzeugten Wärme stets durch Ausstrahlung, Erhitzung der Ofenwände, für die Stickoxydbildung verloren geht, so wird man praktisch jenes Maximum niemals erreichen können. Die Ausbeute an Stickoxyd wird sich dem Maximum um so mehr nähern, je größer das Luftquantum ist, das beim Hindurchgehen durch den Raum, den Ofen, in dem der Lichtbogen brennt, auf die Temperatur des Lichtbogens gebracht wird. Ausdehnung und Form des Lichtbogens und der Ofenräume sind deshalb auf das mannigfachste variiert worden, um die zweckmäßigste Anordnung herauszufinden. Anderseits wissen wir, daß das aus der Flamme austretende Stickoxyd während seiner Abkühlung einer Rückzersetzung in seine elementaren Bestandteile unterliegt und daß der dadurch bedingte Verlust um so geringer ist, je schneller die Gase bis auf eine Temperatur (1000° C) abgekühlt werden, bei der jene Rückzersetzung praktisch aufhört. Die wirksamste Art der Abkühlung der nitrosen Gase ist das zweite Problem, das die Technik der Luftverbrennung zu lösen hat. Die nitrosen Gase müssen endlich, damit man sie verwerten kann, in Salpetersäure oder salpetersaure Verbindungen über-

geführt werden. Zu diesem Zweck führt man die Gase mit Wasser, alkalischen Flüssigkeiten oder auch festen basischen Substanzen zusammen, die sie aufzunehmen vermögen. Dieser Vorgang der Absorption ist in hohem Maße von der Konzentration der nitrosen Gase abhängig. Je weniger Stickoxyde die Luft enthält, je geringer also die Konzentration der nitrosen Gase ist, um so langsamer und unvollständiger geht die Absorption vor sich. Bei großer Verdünnung, z. B. 1—1½ %, bedarf es verhältnismäßig ungeheuer großer Anlagen, um das durch die Flamme gebildete Stickoxyd annähernd vollständig als Salpetersäure festzuhalten.

Wie wir bereits früher erwähnt haben, war es der englische Chemiker Henry Cavendish, der 1781 als erster die Bildung von Salpetersäure aus dem Stickstoff der Luft beobachtet hat. Er verbrannte Wasserstoff in überschüssiger Luft und fand, daß das durch die Verbrennung des Wasserstoffes gebildete Wasser sauer war und Salpetersäure enthielt. Fast gleichzeitig wurde dieselbe Erscheinung von Priestley, dem Entdecker des Sauerstoffes, beobachtet. Cavendish war es auch, der 1784 die Bildung von Salpetersäure beim Durchschlagen elektrischer Funken durch die Luft entdeckte. Er verband zwei mit Quecksilber gefüllte Glasbecher durch ein Heberrohr so, daß die Enden des Hebers mit Quecksilber gefüllt waren. Das Quecksilber als Zuleitung benutzend, ließ Cavendish mit Hilfe einer Elektrisiermaschine Funken durch die Luft im Heber schlagen. Brachte er etwas Wasser in das Rohr, so wurde es nach einiger Zeit sauer. Vertauschte er das Wasser mit „Seifensiederlauge" (Ätzkalilösung), so entstand Salpeter. Die Erscheinung wurde von ihrem Entdecker sofort richtig gedeutet. Er sagte, daß aus dem Versuch hervorginge, daß der Stickstoff, der damals phlogistisierte Luft genannt wurde, durch den elektrischen Funken dazu veranlaßt werde, sich mit der dephlogistisierten Luft, dem Sauerstoff, zu vereinigen. Als Cavendish der Luft so viel Sauerstoff hinzufügte, um den in ihr enthaltenen Stickstoff vollständig verbrennen zu können, konnte er feststellen, daß nach der Behandlung mit elektrischen Entladungen die Luft bis auf einen geringen Rest, den er auf $^1/_{120}$ des ursprünglichen Luftvolumens schätzte, in Salpetersäure übergegangen war. Von dem geringen Rest, der nicht verändert worden

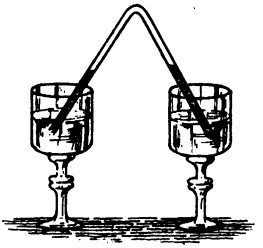


Abb. 3.
Versuch von Cavendish.

war, nahm er an, daß er einer fremden in der Atmosphäre enthaltenen Luftart zuzuschreiben sei. Diese fremde Luftart ist das Argon, das bekanntlich erst in neuester Zeit von Rayleigh und Ramsay entdeckt und untersucht worden ist.

Vor wenigen Jahren hat Winteler auf einen Aufsatz in dem Journal de physique et de chimie vom Jahre 1789 aufmerksam gemacht, in dem Louis Odier über die Bildung von Salpetersäure durch Sauerstoff berichtet, der auf einer hohen Temperatur gehalten ist und mit atmosphärischer Luft zusammengebracht wird. In diesem Artikel teilt Odier mit, daß ein gewisser Paul aus Genf durch Erhitzen von Braunstein Sauerstoff erzeugte. Sobald er den reinen hocherhitzten Sauerstoff durch einen Hahn in die Atmosphäre gehen ließ, waren alle Umstehenden durch den starken salpetrigsauren Geruch überrascht. Professor Pictet aus Genf, der dabei war, machte die Assistenten auf die Eigentümlichkeit dieser Tatsache und ihre Wichtigkeit aufmerksam. Odier fügt bei: „In der Tat scheint diese Beobachtung zu beweisen, daß, wenn heißer reiner Sauerstoff mit atmosphärischer Luft bei gewöhnlicher Temperatur in Berührung gebracht wird, sich Salpetersäure durch Verbindung der Komponenten bildet. Indem man durch einen Glasballon oder ein anderes geschlossenes Gefäß von der einen Seite herein reinen Sauerstoff und von der anderen Seite atmosphärische Luft streichen ließe, würde man eine große Menge Salpetersäuregas erhalten, das kondensiert und von Wasser absorbiert werden könnte, das man vorher auf den Boden des Ballons gebracht hat. Da anderseits Braunstein die wohlbekannte Eigenschaft hat, Sauerstoff aus der Luft aufzunehmen, nachdem man ihn geglüht hat, so könnte man mit einer begrenzten Menge Braunstein aus atmosphärischer Luft nach und nach eine unbegrenzte Menge Salpetersäure erzielen, die überdies den Vorteil hätte, vollkommen rein zu sein, wenn man Sorge getragen hat, die atmosphärische Luft, welche genannter Operation dient, zu reinigen." Es ist dies der erste Hinweis auf die Möglichkeit der technischen Herstellung von Salpetersäure aus dem Stickstoff der Luft.

Das erste Patent auf die Gewinnung von Salpetersäure aus dem Stickstoff der Luft wurde 1859 in England angemeldet und zwar von einer Dame, Madame Lefèbre aus Paris. „Das merkwürdigste an diesem Patent ist aber der Umstand, daß der in der Patentschrift beschriebene Apparat von demjenigen, den Muthmann und Hofer bei ihren neueren und

grundlegenden Versuchen anwendeten, sich im Prinzipe kaum unterscheidet. Er besteht ebenfalls aus einem Glasballon, der mit vier Tuben versehen ist. Durch zwei derselben sind die Elektroden eingeführt, die ebenfalls in Platindrähten endigen, zwischen denen der Funke überspringt. Durch den dritten Tubus wird die Luft eingeleitet, während sie durch den vierten in das mit Wasser gefüllte Absorptionsgefäß gelangt. Auch die Verwendung eines Induktionsapparates ist vorgesehen und der Luftstrom geht kontinuierlich durch das Reaktionsgefäß hindurch. Ebenso hat Madame Lefèbre bereits richtig erkannt, daß durch Zufuhr von Sauerstoff die Ausbeute steigt und sie hat deshalb eine besondere Vorrichtung angebracht, die es ermöglicht, durch elektrolytische Wasserzersetzung gewonnenen Sauerstoff dem Reaktionsgefäß zuzuführen."

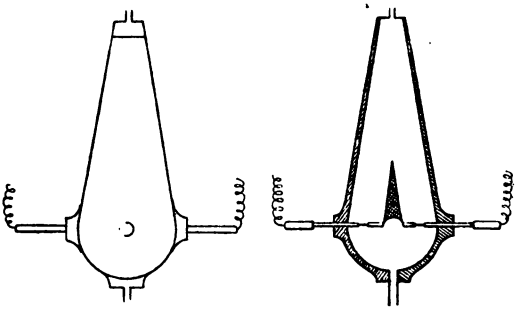


Abb. 4.
Verbrennungskammer von Mc. Dougall und Howles.

Es folgen dann bis zum Ende des vorigen Jahrhunderts eine Anzahl von Patenten, die von geringem Interesse sind. Von dem Jahre 1899 ab beginnt dann die Technik der Salpetersäuregewinnung aus der atmosphärischen Luft zugleich mit der wissenschaftlichen Untersuchung der theoretischen Grundlagen des Prozesses sich rascher zu entwickeln. A. Mc. Dougall in Pallowfield in England hat in Gemeinschaft mit Howles eine große Reihe von Versuchen angestellt, in denen der Einfluß der verschiedenen Bedingungen auf die Ausbeute untersucht wurde. Sie benutzten zu ihren Arbeiten eine Wechselstrommaschine mit 120 Polwechseln, die einen Strom von entweder 400 Volt und 12 Amp. oder 200 Volt und 24 Amp. lieferte. Der Strom wurde mit Hilfe eines Transformators auf eine Spannung von 16 000 oder 8000 Volt umgeformt. Sie konnten zunächst feststellen, daß die Form des Gefäßes, in dem der Versuch ausgeführt wurde, von wesentlichem Einfluß auf die Ausbeute von Salpetersäure war. Sie benutzten als Reaktions-

raum zuerst horizontal liegende glasierte Steingutröhren von 78 cm Länge und 20 cm Durchmesser, dann aufrecht stehende Röhren von 30 cm Höhe und 10 cm Durchmesser und zuletzt Gefäße aus demselben Material von Glühlampenform, wie sie in der nebenstehenden Abbildung wiedergegeben sind. In allen Versuchen standen sich die Elektroden diametral gegenüber und die Luft wurde mit einer Geschwindigkeit von 20 Liter pro Stunde senkrecht zum Lichtbogen hindurchgesaugt. In den liegenden Röhren wurde bei einem Verbrauch von 220 Watt eine Ausbeute von 98 g Salpetersäure pro Pferdekraft und 12 Stunden erzielt, in den senkrecht stehenden Röhren stieg die Ausbeute auf 180—210 g und erreichte in den Gefäßen von Glühlampenform eine Höhe von 270—300 g. Der Grund für diese beträchtlichen Unterschiede in der Ausbeute liegt offenbar darin, daß in den beiden letzten Versuchsreihen die Luft rascher aus der Reaktionszone abströmte und dadurch schneller abgekühlt wurde. In der letzten Versuchsreihe waren die Umstände für eine rasche Abkühlung durch die starke Verjüngung der Gefäße offenbar besonders günstig.

Den Einfluß der Abkühlung hat Brode in sehr eindrucksvoller Weise gezeigt. Er legte ein Quarzrohr von 5 mm Stärke, durch das kaltes Wasser floß, quer durch die Flamme, so daß sich die Flamme bis auf die Entfernung von etwa 1 mm dem Rohr anschmiegte. Unter diesen Umständen erhielt er eine Stickoxydkonzentration von 6,2 Volumprozenten, während er unter sonst gleichen Bedingungen aber ohne das Kühlrohr nur 4,6 Volumprozente erzielen konnte. Die Ausbeute war also durch die Abkühlung um mehr als 33⅓ % gestiegen. Ohne den Schutz des Kühlrohres war demnach mehr als der dritte Teil des gebildeten Stickoxydes wieder rückzersetzt worden.

Größere Ausbeuten durch günstigeres Temperaturgefälle suchte man auch dadurch zu erreichen, daß man den Lichtbogen durch geringere Belastung weniger heiß machte. Am Schlusse der theoretischen Betrachtungen haben wir schon die Vor- und Nachteile der höheren oder niedrigeren Temperaturen des Bogens besprochen. Dougall und Howles haben darüber eingehende Versuche angestellt. Während sie bei einer Belastung von 302 Watt und einer Stromstärke von 0,3—0,38 Amp. eine Ausbeute von 180 g Salpetersäure pro 12 Pferdekraftstunden erhielten, stieg die Ausbeute bei einer Belastung von 225 Watt und einer Stromstärke von 0,2 bis 0,25 Amp. auf 270 g und bei einer Belastung von 172 Watt und 0,15—0,2 Amp. auf 300 g Salpetersäure.

Ähnliche Resultate hat auch Brode bei seinen auf das gleiche Ziel gerichteten Versuchen erhalten, die in der folgenden Tabelle wiedergegeben sind.

Elektrodenentfernung	mm	5,5	5	5	7
Stromstärke . . .	Amp.	0,055	0,115	0,17	0,18
Belastung	Watt	25	34	37	20
Ausbeute an NO .	Volumproz.	6,4	5,9	4,7	4,8
Elektrodenentfernung	mm	10	10	11,5	11,5
Stromstärke . . .	Amp.	0,065	0,15	0,086	0,12
Belastung	Watt	35	60	60	70
Ausbeute an NO .	Volumproz.	5,3	5,1	5,1	4,4

Die geringere Belastung des Lichtbogens bedingt auch, daß der Bogen dünner wird und ein dünner Bogen bietet naturgemäß auch ein günstigeres Temperaturgefälle als ein breiter. Man fand bald, daß dünne Bogen, die möglichst lang gezogen werden, so daß sie dem Abreißen nahe kommen, besonders wirksam sind. Man bemühte sich deshalb, Einrichtungen zu erfinden, bei denen die elektrischen Entladungen in dünnen langen Bogen, die mehr den Charakter von Funkenstreckern als von Flammenentladungen tragen, erfolgten. Der Professor der Physik v. Kowalski in Freiburg in der Schweiz hatte mit seinem Mitarbeiter T. Moscicki gleichfalls die Erfahrung gemacht, daß eine geringe Belastung die Ausbeute begünstigte und zugleich beobachtet, daß mit wachsender Polwechselzahl die Menge des gebildeten Stickoxydes zunahm. Durch Einschaltung von Kondensatoren konnten sie die Zahl der Wechsel auf 6—10 000 in der Sekunde erhöhen. Solche Hochfrequenzentladungen, die sie mit 50 000 Volt Spannung und einer Stromstärke von 0,05 Amp. erzeugten, gaben sehr dünne Lichtbogen von 24 cm Länge. Um mit einer solchen Einrichtung in der Technik brauchbare Resultate zu erzielen, müssen eine ganze Anzahl dieser gering belasteten Lichtbogen von einer Stromquelle aus unterhalten werden. Hierfür sind sehr komplizierte Vorkehrungen erforderlich, deren Abmessungen auf das sorgfältigste berechnet werden müssen, um ein kontinuierliches Brennen der Bogen zu sichern. v. Kowalski und Moscicki haben das technische Problem einer solchen Anlage für sechs parallel geschaltete Lichtbogen in ausgezeichneter Weise gelöst. Sie unterhielten mit 33 Pferdekräften sechs Lichtbogen von 24 cm Länge, die Ausbeute betrug aber nur 35 g Salpetersäure für die Pferdekraftstunde.

Sehr viel bessere Ausbeuten haben zwei amerikanische Forscher R. Lovejoy und C. S. Bradley mit dünnen langen Bogen erhalten, die sie auf ganz andere Weise erzeugten. Ihre Elektroden hatten die Form, wie sie von Siemens und Halske für die Konstruktion der sogenannten Hörnerblitzableiter verwendet werden, stumpfwinklig gebogene Drähte, die sich ihre Konvexität zuwenden. Der Bogen springt an der engsten Stelle über, wird durch die senkrecht gegen ihn strömende Luft an den Schenkeln in die Höhe getrieben, bis er wegen der zu großen Spannweite zerreißt. Sofort bildet sich an der engsten Stelle ein neuer Bogen, der in die Höhe gejagt, gedehnt und abgerissen wird. Die Abbildung ist ohne weiteres verständlich. T ist der Transformator, bei L wird die Luft in die Reaktionskammer G getrieben und tritt bei S in die Absorptionseinrichtungen. Die Belastung der Bogen war eine äußerst geringe und betrug nur 0,001 bis höchstens 0,01 Amp. Die Verteilung des Stromes auf eine Zahl parallel geschalteter Reaktionskammern machte ähnlich komplizierte Einrichtungen notwendig wie bei der Anlage von v. Kowalski und Moscicki. Um diese zu vermeiden, ersannen Lovejoy und Bradley einen Apparat, bei dem die Bildung, Dehnung und Zerreißung der Lichtbogen auf rein mechanischem Wege erreicht wurde. Die Atmospheric Products Company, die die Verwertung der Erfindung übernommen hatte, errichtete in Niagara Falls eine größere Versuchsanlage, die Haber in seinem Bericht „Über Hochschulunterricht und elektrochemische Technik in den Vereinigten Staaten" eingehend beschrieben hat: „Die Eigenart des Versuchsapparates der Atmospheric Products Company besteht nun darin, daß keine konstant brennenden Bogen in ihrem Apparat benutzt werden, sondern daß jeder der zahlreichen Bogen nur eine ganz kurze Zeit besteht. Der Apparat ist ein stehender Eisenzylinder von 1,54 m Höhe und 2,23 m Durchmesser. Die vertikale Längsachse des Zylinders bildet eine Stahlwelle, die durch einen Elektromotor mit 500 Touren pro Minute umgetrieben wird. Die Achse ist mit der positiven Stromleitung verbunden. Auf ihr

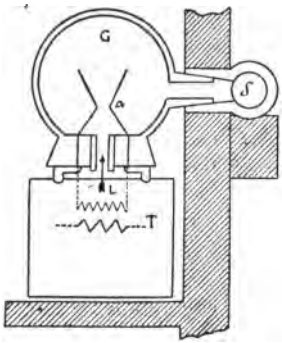


Abb. 5.
Verbrennungskammer nach Bradley und Lovejoy.

sitzen vertikal übereinander festgekeilt 23 Messinghülsen, welche mit umlaufen. Jede solche Hülse sendet sechs im Winkel von 60° gegeneinander stehende in derselben Horizontalebene gelegene, dünne, gerade Metallstäbchen radial aus, die in Platinnadeln von etwa 0,2 mm Durchmesser auslaufen. Diesen 23 Stachelkränzen, die übereinander angeordnet sind, entsprechen sechs Reihen von je 23 Gegenelektroden, welche durch die Wand des Eisenkastens in kurzen Porzellanröhren geführt sind und sämtlich parallel am negativen Pol liegen. Diese sechs Reihen von je 23 vertikal übereinander liegenden Gegenelektroden sind im Winkelabstand von je 60° rings am Umfange des Apparates verteilt. Die eigenartige Nuance der Anordnung wird nun dadurch gegeben, daß die Stachelkränze einer gegen den andern um einen Winkel von 2,5° verschoben sind. Nehmen wir an, daß der oberste Kranz so steht, daß seine Spitzen dem Gegenelektroden gerade auf den kürzesten Abstand, das ist 1 mm, genähert sind, so wird es einer Drehung der Achse um 2,5° bedürfen, bis die Spitzen des zweiten Stachelkranzes in derselben Stellung zu ihren Gegenelektroden sich befinden. 5° Drehung werden den dritten Stachelkranz zu seinen Elektroden in Opposition bringen und so von Kranz zu Kranz fort bis zum 23., der bei 57,5° Drehung diese Opposition erreicht. Eine weitere Drehung um 2,5° führt wieder den obersten Kranz in diese Stellung und so fort. Die Gegenelektroden sind kleine Haken, deren vorderer der Spitze zugekehrte Teil 12 mm lang und abwärts gerichtet ist. Sie haben etwa 0,5 mm Dicke und sind ebenfalls aus Platin. So oft eine Spitze dem abwärts gerichteten Platinstäbchen, in das dieser Haken wie gesagt ausgeht, auf die kürzeste Entfernung sich nähert, schlägt der Funke über und der Bogen entzündet sich. Die rasche Rotation der Achse dehnt ihn, indem sie die Spitze entfernt, bis er bei 15 cm Länge abreißt. Inzwischen haben sich die Bogen an den nächst tieferen Kränzen entzündet, die im Fortgang der Drehung wieder abreißen, und so erneuert sich das Spiel des Entzündens und Abreißens

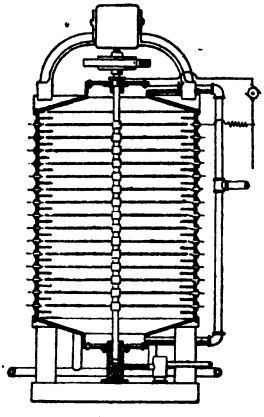


Abb. 6.
Neuere Ofenform der Atmospherie Products Co.

in beständigem und raschem Wechsel. Die sechs festen Reihen von 23 Elektroden in der Ofenwand ergeben bei jeder Umdrehung der Achse mit den sechs Spitzen, die an ihnen vorbeigehen, 138 · 6 = 828 Bogen und da 500 Touren pro Minute gemacht werden, kommen in dieser Art 414000 Bogen pro Minute zustande. Die jeweils gleichzeitig brennende Anzahl von Bogen wird man auf 250—300 schätzen dürfen. Der zugeführte Strom ist Gleichstrom, der von einer bemerkenswerten Maschine abgenommen wird, die ihn direkt mit einer Spannung von 15 000 Volt liefert." Bei meinem Besuche wurde mit 10 000 Volt Spannung und 1,0 Amp. gearbeitet. Die Stromstärke pro Bogen beträgt demnach 0,004—0,0033 Amp. Die Zahl wechselt mit der Spannung und Stromstärke in ziemlich komplizierter Art, weil sie von der Zahl der gleichzeitig brennenden Bogen und damit von der Länge abhängt, bei der diese durchschnittlich zerreißen." 11⅓ cbm Luft wurden in der Stunde in den Apparat hineingetrieben und traten mit 2½ % Stickstoffdioxyd aus ihm aus. Das entspricht einer Ausbeute von 88 g Salpetersäure pro Kilowattstunde. Ein ausgezeichnetes Resultat, das bisher von keinem andern Verfahren erreicht worden ist.

Trotzdem hat dies aussichtsvolle Unternehmen nicht zu einem Erfolge geführt. Die Gesellschaft stellte im Sommer 1904 den Betrieb ein. Die Gründe dafür beruhen auf der Kompliziertheit des Apparates und der Zerstörung der eisernen Trommeln durch die entstehende Säure, obwohl die zugeführte Luft sorgfältig getrocknet und die Eisenteile durch Überziehen mit Asphaltlack geschützt wurden.

Es ist natürlich, daß das Prinzip der Hörnerelektroden in einer ganzen Zahl von Erfindungen wiederkehrte, ohne indes einen bleibenden Erfolg zu zeitigen.

Aus diesen und zahlreichen andern praktischen Versuchen ging hervor, daß nur ein solches Verfahren Aussicht hatte, in der Großindustrie praktische Verwendung zu finden, bei dem alle komplizierten Einrichtungen und vor allem die vielfache Unterteilung der Stromenergie vermieden wurde. Die beiden Verfahren, die bisher allein zu einem technischen Erfolge geführt haben, arbeiten, wie wir sehen werden, mit elektrischen Flammen von ungeheurer Ausdehnung, von denen jede einzelne viele Hunderte von Pferdekräften verzehrt.

Plücker hatte 1861 beobachtet, daß die Funkenstrecke eines großen Induktoriums scheibenförmig auseinandergezogen wurde, wenn man sie zwischen die Pole eines Elektromagneten brachte. 1898

zeigte Lehmann dieselbe Erscheinung an den Entladungen eines Hochspannungstransformators und stellte durch Zerlegung des Flammenbildes mit Hilfe eines Drehspiegels fest, daß die bei dem Versuche entstehende leuchtende Scheibe keine kontinuierliche Entladung vorstelle, sondern daß es sich um rasch aufeinander folgende Einzelentladungen handelt, „von denen jede folgende stärker ausgebogen ist als die vorhergehende, da sie der abgeleiteten Luft nachgeht, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze. Dann springt die Entladung infolge des allzusehr vergrößerten Widerstandes in die erste Lage zurück." Christian Birkeland, Professor der Physik in Christiania, hat in Gemeinschaft mit dem norwegischen Ingenieur Samuel Eyde gefunden, daß diese durch die Einwirkung eines magnetischen Feldes eigentümlich beeinflußten elektrischen Entladungen für die Oxydation des Luftstickstoffes hervorragend geeignet sind. Birkeland stellte zunächst fest, daß die Form der Entladung verschieden ist, je nachdem man mit Gleichstrom oder Wechselstrom arbeitet. Läßt man einen Gleichstromlichtbogen in einem Gleichstrommagnetfeld brennen, so zeigt die Entladung die Form einer fast halbkreisförmigen Scheibe, deren Mittelpunkt nach der Seite der negativen Elektrode verschoben ist. Läßt man dagegen einen Gleichstrombogen in einem Wechselstrommagnetfeld brennen, so wird die leuchtende Scheibe beinahe kreisförmig. Professor Birkeland gibt für die Erscheinung folgende Erklärung: „Um ein besseres Verständnis der Art und Natur dieser Flammenerscheinung zu gewinnen, erinnere man sich daran, daß ein von einem Strom durchflossener Leiter in einem magnetischen Felde das Bestreben zeigt, sich in Bewegung zu setzen. Um sich davon zu überzeugen, braucht man nur einen biegsamen, durch ein Gewicht straff gezogenen Leiter derart zwischen die Pole eines Elektromagneten auszuspannen, daß der Leiter senkrecht zur Achse des Magneten zu stehen kommt.

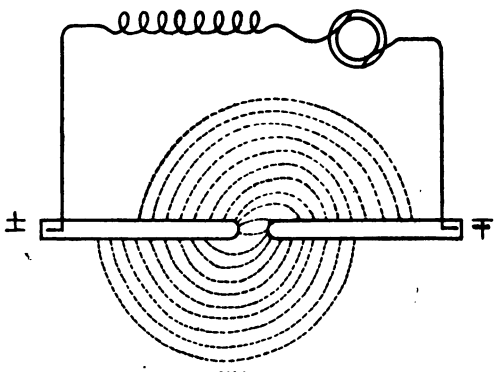


Abb. 7.
Wechselstromflamme im Gleichstrommagnetfeld.

Der Leiter wird sich, je nach der Stromrichtung, aufwärts oder abwärts biegen, und zwar wird er mit Leichtigkeit um 20 cm nach beiden Seiten ausschlagen. Läßt man Wechselstrom durch den Leiter fließen, so wird dieser zwischen beiden Magnetpolen hin und her schwingen. In ähnlicher Weise verhält es sich mit einem Lichtbogen. Derselbe wird je nach der Stromrichtung auf- oder abwärts getrieben und da ein Lichtbogen äußerst leicht beweglich ist, kann die Geschwindigkeit dieser Bewegung sehr groß und zwar leicht auf 100 m pro Sekunde und mehr gebracht werden. Diese Bewegung der Funkenstrecken läßt sich besonders deutlich in einem bis auf ein paar Zentimeter Druck luftverdünnten Raum beobachten, wenn man Entladungen aus einem großen Induktorium hindurchschickt.

„Auf Grundlage des oben Erwähnten wird die Erscheinung von Flammenscheiben nunmehr leicht erklärlich. An den nahe aneinander stehenden Elektrodenspitzen bildet sich zunächst ein Lichtbogen, wodurch eine leicht bewegliche und biegsame Stromleitung in einem starken magnetischen Felde zustande kommt. Der gebildete Lichtbogen bewegt sich alsdann senkrecht zu den Kraftlinien mit großer Geschwindigkeit und die Fußpunkte des Lichtbogens rücken dabei von den Elektrodenspitzen zurück. Mit wachsender Länge des Lichtbogens steigt der Widerstand und damit auch die Spannung, bis dieselbe so groß wird, daß ein neuer Funke zwischen den Elektrodenspitzen überspringen kann. Da der zuletzt gebildete kurze Lichtbogen nur einen geringen Widerstand darbietet, so wird plötzlich die Spannung auf den Elektroden herabgesetzt und der äußere lange Lichtbogen erlischt. Bei Verwendung von Gleichstrom laufen sämtliche Lichtbogen nach derselben Seite, so daß dieselben die Gesamtgestalt einer halben Kreisscheibe annehmen. Je nach der Höhe des von der Flamme hervorgebrachten Tones kann man auf die Anzahl der Lichtbogen in der Sekunde schließen, und zwar ist es mit einem kräftigen Elektromagneten möglich, auf 1000 Lichtbogen in der Sekunde zu gelangen.

Die Flamme erstreckt sich länger auf der positiven Elektrode entlang als auf der negativen. Die Fußpunkte der Lichtbogen erscheinen wie glühende Punkte auf den Elektroden. Auf der positiven Elektrode sind diese Lichtpunkte kleiner und liegen dicht zusammengedrängt, während sie auf der negativen Elektrode größer und weiter voneinander entfernt sind. Diese Lichtpunkte kommen dadurch zustande, daß die Funkenstrecken gewissermaßen auf der

Elektrodenoberfläche anhaften, so daß deren Fußpunkte sich nur stoßweise durch die magnetischen Kräfte weiter schieben lassen. Die Art und Weise, wie sich die Lichtbogen biegen, läßt erkennen, daß dieselben an der negativen Elektrode fester haften als an der positiven, deshalb hat die Flamme, wie bereits erwähnt, auf der positiven Elektrode eine größere Ausdehnung als auf der negativen. Bei Verwendung von Wechselstrom entwickeln sich sämtliche Lichtbogen von positiver Stromrichtung nach einer und derselben Seite und die von negativer Stromrichtung nach der entgegengesetzten Seite, vorausgesetzt, daß die Erregung des Magneten durch Gleichstrom erfolgt. Dabei gestaltet sich die Flamme zu einer kreisförmigen leuchtenden Scheibe."

Birkeland und Eyde erzeugen solche Flammenscheiben in einem schmalen Ofenraum von nur 10 cm Breite. Höhe und Tiefe des Ofens betragen dagegen 2,5 m, denn in jeder Flamme wird die enorme Energie von 700 Kilowatt zum Ausgleich gebracht, und die auf diese Weise erzeugte Flammenscheibe hat einen Durchmesser von mehr als zwei Metern. Die in der Regel horizontal angeordneten Elektroden, deren Abstand voneinander nur 8 mm beträgt, bestehen aus dünnwandigen kupfernen Röhren von 1,5 cm Durchmesser, die von kaltem Wasser durchflossen und auf diese Weise gekühlt werden. Dadurch ist die Abnutzung der Elektroden nur eine sehr geringe, so daß sie nur alle drei bis vier Wochen erneuert werden müssen. Die aus Schamottesteinen bestehenden Ofenwände sollen vier bis sechs Monate aushalten. Erzeugt wird die Flamme durch Wechselstrom von 5000 Volt Spannung. Der Ofen steht zwischen den Polen eines Elektromagneten, die bei horizontaler Anordnung der Elektroden ebenfalls horizontal in der Ebene der Elektroden, aber senkrecht zu diesen, liegen. Die Flammenscheibe steht senkrecht auf den zwischen den Magnetpolen übergehenden magnetischen Kraftlinien. Die Luft wird durch Kanäle zugeführt, die in den Breitseiten des Ofens ausgespart sind. Die Abführung der Luft geschieht durch die Schmalseiten oder durch die andere Breitseite des Ofens.

Der Vorteil dieser Art der Entladung beruht einmal auf der großen Oberfläche der Flammenscheibe, die eine ausgiebige Berührung mit der durch den Ofen geführten Luft gewährleistet, und dann auf der Schmalheit der Scheibe, die für die rasche Abkühlung der Gase günstig ist. Von großer Bedeutung für die technische Durchführung des Verfahrens ist die große

Einfachheit der Apparatur und die Tatsache, daß jede einzelne Flamme so außerordentlich große Energiemengen aufzunehmen vermag.

Die Geschwindigkeit, mit der Birkeland und Eyde die Luft durch den Ofen hindurch schicken, ist eine sehr bedeutende und beträgt 20—25000 Liter in der Minute. Von dieser gewaltigen Luftmenge kommt nur ein Teil, etwa ein Fünftel, mit der Flamme in Berührung, die überschüssige Luftmenge dient zur Kühlung sowohl für die aus der Flamme austretenden stark erhitzten Gase als auch der Ofenwände, die dadurch vor schneller Zerstörung bewahrt bleiben. Allerdings ist eine weniger angenehme Folge dieser großen Luftgeschwindigkeit, daß die aus dem Reaktionsraum austretenden Gase nur einen geringen Gehalt an Stickoxyd aufweisen. Die Stickoxydkonzentration beträgt wenig mehr als 1 %.

Fig. 8 zeigt einen solchen Ofen im Durchschnitt. Man erkennt den gewaltigen aus Schmiedeeisen hergestellten Elektromagneten m m, dessen Polschuhe an der Breitseite des Ofens dessen Wände durchsetzen. i i sind die um die horizontalen Arme des Magneten gewickelten Drahtwindungen, die von Gleichstrom durchflossen die Magnetisierung bewirken. Die Elektroden, zwischen denen der Wechselstrom überspringt, sind nicht sichtbar. Man hat sie sich senkrecht zur Papierebene zu denken; ihre Enden liegen in dem schmalen Durchschnitt des Reaktionsraumes zwischen den Magnetpolen. Die, wie schon gesagt, aus dünnen Kupferröhren bestehenden Elektroden ragen von den Schmalseiten des Ofens her etwa 1 m lang frei in den Reaktionsraum hinein. Bei der hohen Temperatur der Flammenscheibe, Birkeland schätzt sie auf 3200°, bedarf es einer sehr energischen Kühlung, um die Elektroden vor der schnellen

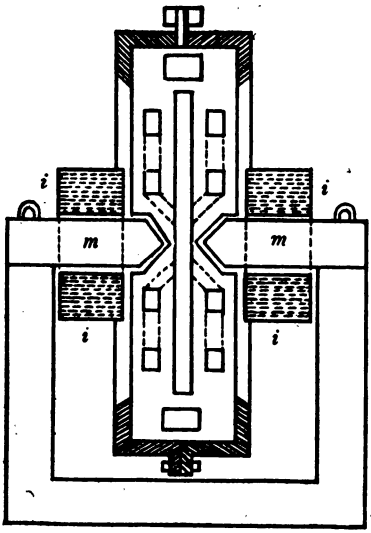


Abb. 8.
Elektrischer Ofen nach Birkeland-Eyde, schematisch.

Vernichtung zu schützen. Der Wärmeverlust durch die Elektroden ist auch deshalb sehr hoch und soll bis zu 7,5% steigen können. In den Ofenwänden sieht man den Durchschnitt der Kanäle, die für die Zu- und Abfuhr der Luft dienen.

Die aus dem Ofen austretende Luft enthält 1—1½ % Stickoxyd, was einer Produktion für das Kilowatt und Jahr von 500—600 kg Salpetersäure (HNO_3) entspricht. Um aber das Stickoxyd der Ofengase in Salpetersäure oder salpetersauren Kalk, der das Hauptprodukt der norwegischen Salpetersäurefabriken bildet, überzuführen, bedarf es komplizierter Anlagen und eines recht umständlichen Prozesses. Die aus dem Ofen kommenden noch sehr heißen Gase müssen rasch abgekühlt werden, um Rückbildungen des Stickoxydes zu vermeiden. Man läßt zu diesem Zweck die Gase durch Röhrenkessel strömen, in denen ihre Temperatur auf 200° sinkt. Die abgegebene Wärme dient zum Eindampfen von Salpeterlauge. Aus den Röhrenkesseln gelangen die Gase in besondere Kühlapparate, wo eine weitere Erniedrigung der Temperatur bis auf 50° erfolgt. Dann werden sie in zwei große Oxydationskammern geführt, deren Wände mit säurefestem Material bekleidet sind. Bei der langsamen Bewegung durch diese Kammern wird die Oxydation des Stickoxydes zu Stickstoffdioxyd oder Untersalpetersäure, die schon vorher, sobald die Temperatur der Gase unter 600° gesunken war, begonnen hatte, zu Ende geführt. Hinter diesen Oxydationskammern befinden sich zwei Ventilatoren, die die Gase aus den Röhrenkesseln ansaugen und zugleich in die nun folgenden Absorptions- und Kondensationsapparate drücken.

Diese Apparate bestehen für die Gase aus drei Öfen aus zwei Gruppen von vier Türmen, deren Querschnitt im Lichten 4 qm und deren innere Höhe 10—20 m beträgt. Die beiden ersten Türme jeder Gruppe sind aus Granitplatten, die beiden letzten aus Sandsteinplatten aufgebaut. Gefüllt sind die Türme mit Quarz und Granitbrocken. Die Gase passieren die Türme hintereinander. Die chemischen Umsetzungen, durch die die Untersalpetersäure in Salpetersäure übergeht, haben wir schon früher angegeben. Wir müssen sie jetzt noch etwas vervollständigen.

Trifft Untersalpetersäure mit Wasser zusammen, so wird sie absorbiert und geht dabei in Salpetersäure und salpetrige Säure über:

$$2\ NO_2 + H_2O = HNO_3 + HNO_2.$$

Die salpetrige Säure setzt sich mit Untersalpetersäure, die ja aus den Oxydationskammern immer wieder nachströmt, in der Weise um, daß aus ihr Salpetersäure und Stickoxyd entstehen. Das Stickoxyd bildet mit dem Sauerstoff der in den Türmen befindlichen und stets wieder hineingedrückten Luft, Untersalpetersäure, die wieder mit Wasser in der angegebenen Weise reagiert. Dieser Prozeß vollzieht sich in den Türmen so vollständig, daß 95 % des aus dem Ofen austretenden Stickoxydes als Salpetersäure gewonnen werden. Die Absorption und Kondensation wird in den Türmen folgendermaßen geleitet.

Im letzten Turm rieselt Wasser herab. Das aus diesem abfließende, durch seinen Gehalt an Salpetersäure und salpetriger Säure saure Wasser wird in einem großen Steinzeuggefäß gesammelt und durch Druckluft in einen Behälter gehoben, der sich über dem vorletzten Turm befindet. Die aus diesem Turm abfließende schwache Säure wird in derselben Weise über den zweiten Turm gehoben und durchrieselt auch diesen. Die daraus abgelassene schon etwas stärkere Säure durchfließt dann schließlich noch den ersten Turm, in dem sie auf die höchste erreichbare Konzentration, das ist 50 % HNO_3 gebracht wird. Bei dem geringen Gehalt der Ofengase an Stickoxyd vollzieht sich diese Absorption und Kondensation nur sehr langsam, so daß die Flüssigkeit denselben Turm mehrere Male durchfließen muß, ehe sie den für jeden Turm vorgeschriebenen Gehalt an Säure aufweist. An den letzten Turm jeder Gruppe ist noch ein aus Holz konstruierter fünfter Turm angeschlossen, der mit Ziegelsteinen ausgesetzt ist. In diesem rieselt Kalkmilch herab, die dazu dient, die letzten Mengen nitroser Gase, die aus dem vierten Turm austreten, zu binden. Es entstehen auf diese Weise Kalziumnitrat und Kalziumnitrit. In diese aus dem fünften Turm gesammelte Nitritlauge wird heiße Luft getrieben und dadurch das Nitrit in Nitrat übergeführt. Die so erhaltene Lösung wird in offenen Pfannen eingedampft, bis ihr Gehalt an Kalziumnitrat (CaN_2O_6) 75—80 % beträgt, und dann noch heiß in eiserne Fässer gefüllt, in denen sie zu einer dichten Masse, dem Kalksalpeter, erstarrt.

Die aus dem ersten Turm abfließende starke Säure wird nicht weiter konzentriert, sondern, da sich Salpetersäure schlecht transportieren läßt, vollständig zu salpetersaurem Kalk verarbeitet, was in der Weise geschieht, daß die Salpetersäure in großen Granitkufen mit Kalkstein zusammengebracht wird, bis die Säure abgesättigt ist, d. h. sich mit dem Kalk vollständig zu salpetersaurem Kalk umgesetzt hat.

Das aus den Kalkmilchtürmen gewonnene und aus der Salpetersäure hergestellte Kalziumnitrat hat die unangenehme Eigenschaft, mit großer Begierde Wasser aus der Luft anzuziehen und zu zerfließen. Es muß deshalb in den eisernen Fässern luftdicht verschlossen werden. Diesem Übelstande hat man dadurch abgeholfen, daß man der fertig eingedampften Lauge eine bestimmte Menge fein gesiebten gelöschten Kalk zumischt und diese Mischung in den Fässern erstarren läßt. Durch diesen Gehalt an freiem Kalk wird das Kalziumnitrat vor dem Einwirken des Wasserdampfes geschützt.

In neuerer Zeit hat man die Kalkmilchtürme ausgeschaltet. Man leitet die aus dem vierten Turm austretenden nitrosen Gase heiß in Natronlauge. Es ist nämlich gefunden worden, daß sich Stickoxyd und Untersalpetersäure mit einer Lösung von Ätznatron in Wasser, das ist Natronlauge, zu reinem Natriumnitrit, einer in der chemischen Industrie viel gebrauchten, wertvollen Substanz umsetzt.

Man hat sich bemüht, diesen sehr umständlichen und gewaltige Anlagen erfordernden Absorptions- und Kondensationsvorgang einfacher zu gestalten. Die Badische Anilin- und Sodafabrik, über deren Salpetersäuregewinnungsverfahren wir gleich berichten werden, hat Versuche angestellt, um die Absorption mit Hilfe von Wasser durch eine direkte alkalische Absorption mittels Kalkmilch zu ersetzen. Sollten diese Versuche zu praktischen Resultaten führen, so würde man mit Absorptionsanlagen von sehr viel geringeren Dimensionen auskommen können und bedeutende Ersparnisse an Anlagekosten machen.

Von Halvorsen ist ein Verfahren zur Verarbeitung der nitrosen Gase angegeben worden, das darin besteht, daß man die Gase bei gewöhnlicher Temperatur über trockenen Ätzkalk leitet. Schloesing hat bessere Resultate dadurch erzielt, daß er den Kalk löscht, aus dem gelöschten Kalk Briketts formt und diese wieder erhitzt. Diese Briketts werden dann in eisernen Gefäßen bei 300—350° C mit den aus den elektrischen Öfen abströmenden Gasen in Berührung gebracht. Der Kalk reagiert mit dem Stickstoffdioxyd und als Endprodukt erhält man unmittelbar trocknes Kalziumnitrat, das noch freien Kalk und außerdem geringe Mengen von Kalziumnitrit enthält.

Im Jahre 1905 gelang es Otto Schönherr von der Badischen Anilin- und Sodafabrik[1]) ein Verfahren aufzufinden und in Ge-

1) Bernthsen, Über Luftsalpetersäure. Zeitschr. f. angew. Chemie, 1909, Heft 24.

meinschaft mit Ingenieur Heßberger technisch auszuarbeiten, das in überraschend einfacher Weise, wiederum mit Hilfe des elektrischen Lichtbogens, die gestellte Aufgabe löste und sich im Vergleich zu demjenigen von Birkeland-Eyde als technisch noch vorteilhafter darstellt. Das Verfahren ist nicht etwa eine Weiterbildung desjenigen von Birkeland und Eyde, wie zuweilen fälschlich vermutet wird, sondern ein durchaus selbständiges und eigenartiges. Statt den elektrischen Lichtbogen durch Einwirkung starker Magnete zu einer sonnenförmigen Scheibe in die Breite zu blasen, erzeugt Schönherr denselben im Innern eines Eisenrohrs von relativ geringem Durchmesser, durch welches zugleich Luft geleitet und so mit dem Lichtbogen in Berührung gebracht wird. Die Entwicklung des Lichtbogens vollzieht sich hierbei ohne jede Inanspruchnahme magnetischer Kräfte in einer eigenartigen Weise. Bei der Zündung entsteht der Lichtbogen im ersten Augenblick im unteren Teil des metallenen Rohres, zwischen diesem selbst, das als die eine Elektrode dienen kann, und einer zweiten Elektrode, die sich, isoliert, im unteren Ende des Rohres, in nur wenig Millimeter Entfernung befindet. Der Lichtbogen wird aber alsbald von dem Luftstrom, der zweckmäßig in tangentialer Bewegung eingeführt wird, emporgetragen, so daß er den zentralen Teil der Luftmasse in der Achse des Rohres ausfüllt und nun erst in weiter Entfernung von der unteren Elektrode die Rohrwand oder das obere zur Ableitung der Gase dienende Rohrende oder eine besondere Gegenelektrode erreicht. Man kann bei Verwendung letzterer das Rohr auch aus nichtleitendem Material wählen, indem man für besondere Zündung z. B. durch eine eingelegte Drahtspirale sorgt. Man erhält so eine — im Gegensatz zu dem in freier Luft gebildeten, äußerst leicht auslöschbaren Bogen — vollkommen stetig in der Achse des Rohres ruhig brennende Lichtsäule von äußerst intensiver Lichtwirkung, die man durch eine in der Wandung des Rohres befindliche, mit Glimmer verschlossene Schauöffnung betrachten kann. In diesem zentralen Lichtbogen wird die eingeleitete Luft teilweise in Stickoxyd verwandelt, und dieses wird zufolge der ständigen Berührung mit dem äußeren Luftmantel rasch gekühlt und so vor Rückzersetzung bewahrt. Unterstützt wird die Abkühlung dadurch, daß zugleich der obere Teil des Rohres mit Wasser gekühlt wird. Die entweichenden Gase enthalten das Stickoxyd in reichlich anderthalbfacher bis nahezu doppelt so großer Konzentration (ca. 2 %) wie bei Birkeland-Eyde.

Die Einführung der Luft in das Rohr kann in der allerverschiedensten Weise erfolgen. So ist es — um einige Beispiele anzuführen — für das Wesen des Verfahrens gleichgültig, ob das Gas zwischen der einen Elektrode und dem Rohr hindurchgeführt wird, ob es ganz oder teilweise erst jenseits der Elektrode in das Rohr eintritt, ob es in dasselbe an einer Stelle oder an mehreren, ob es allseitig durch einen oder mehrere Schlitze oder durch zahlreiche Öffnungen, die über einem Teil der Oberfläche des Rohres oder über der Gesamtoberfläche verteilt angeordnet sein können, oder durch Spalten, die das Rohr der ganzen Länge nach durchziehen, eingeführt wird. Die Luft kann durch die Öffnungen senkrecht oder zweckmäßig schräg zur Achse eingeführt werden. In allen Fällen ist es vorteilhaft, wenn die Gase in wirbelnder Bewegung durch das Rohr hindurchstreichen.

Man ist nach diesem Verfahren imstande, außerordentlich große elektrische Energiemengen durch ein einziges Rohr zu senden. Die Versuchsöfen in Christianssand wurden mit etwa 600 Pferdekräften bei 4200 Volt Spannung gespeist und voraussichtlich werden tausendpferdige Öfen, wie sie schon probiert worden sind, den Typ der Zukunft bilden; aber auch solche für 2000 Pferdekräfte erscheinen konstruierbar. Der Lichtbogen erreicht im tausendpferdigen Ofen eine Länge von 7 m, die durchzuleitende Luftmenge beläuft sich dabei auf stündlich 1100 cbm.

Durch das beschriebene Verfahren wird mit dem früher befolgten Prinzip, die Gase so kurz als möglich mit der elektrischen Flamme in Berührung zu bringen, gebrochen, indem das Durchstreichen des Rohres hier naturgemäß eine relativ nicht unerhebliche Zeit beansprucht.

Eine praktische Konstruktion des Ofens ist aus der beigefügten Abbildung ersichtlich.

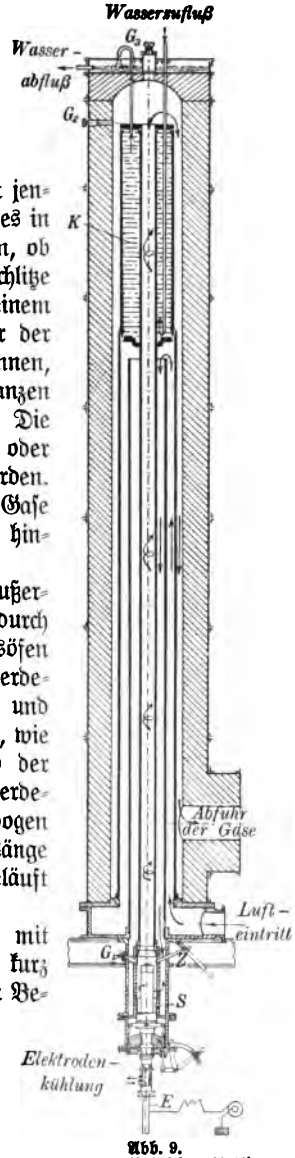


Abb. 9.
Ofen der Badischen Anilin- und Sodafabrik.

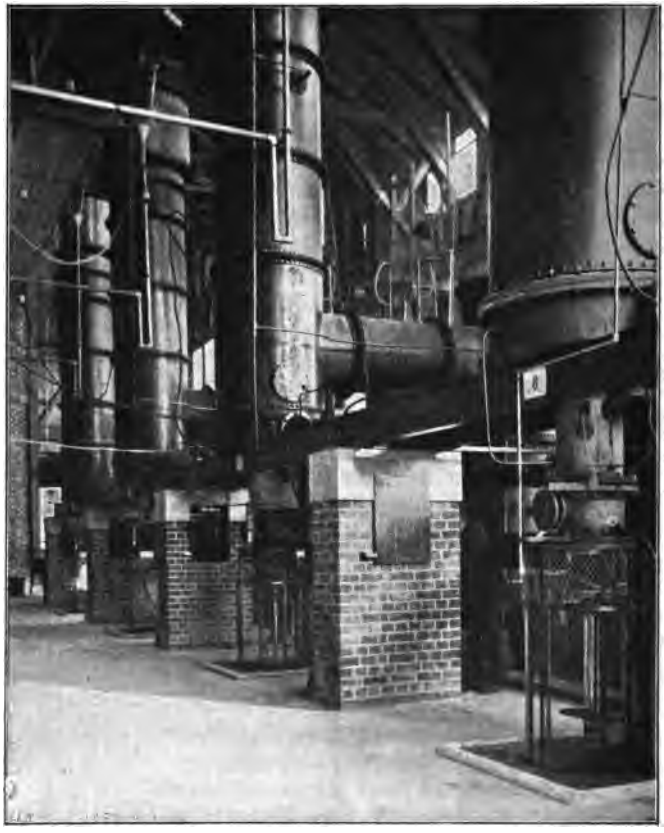


Abb. 10.
Ofen der Badischen Anilin- und Sodafabrik.

Die Luft tritt in das Rohr im großen durch mehrere übereinander befindliche Reihen tangential gebohrter Öffnungen, über welche ein verstellbarer Schieber gleitet; letzterer gestattet durch die Regelung der Luftzufuhr zugleich die Länge des Lichtbogens zu regulieren. Die untere Elektrode ist hohl, kühlbar und enthält einen zentralen Eisenstab, welcher in dem Maße, als allmählich eine übrigens nicht sehr bedeutende Verflüchtigung des Eisens durch die Hitze des Lichtbogens eintritt, in sehr einfacher Weise nachgeschoben wird. Ein angebrachter Zündhebel oder noch

einfachere Vorrichtungen genügen, um bei einem zufälligen Erlöschen des Lichtbogens (das übrigens kaum je eintritt), die Neuzündung zu bewirken. Durch Erdung des Ofengehäuses ist eine gefahrlose Handhabung solcher Vorrichtungen gewährleistet. Die Gase streichen aus dem Rohre zunächst durch einen ausgemauerten Kanal, der die inneren Teile konzentrisch umgibt, abwärts und heizen hier zugleich die zur Umwandlung bestimmte Luft nach dem Prinzip des Gegenstromes noch auf eine ziemlich hohe Temperatur. Die Apparatur ist, wie man sieht, eine überaus einfache, und sie ist zugleich dauerhaft. Man kann gewöhnliche eiserne Röhren verwenden, bedarf keiner beweglichen Teile und keiner kostspieligen Elektromagnete und erreicht eine große Betriebssicherheit.

Obschon in diesem Verfahren im Lichtbogen sehr wenig elektrische Energie verloren geht, so dienen doch nur wenige Prozente der Gesamtzufuhr an elektrischer Energie zur chemischen Umwandlung, der übrige Teil wird in Hitze verwandelt. Man kann diese aber sehr wirksam ausnützen; 30 % davon liefern heißes Wasser, 40 % werden zur Kesselfeuerung verbraucht, 10 % müssen durch Kühlung fortgenommen werden, nur 17 % sind Strahlungsverluste. Man bedarf daher zum Eindampfen der Kalziumnitratlaugen keiner besonderen Wärmequelle mehr."

Außer den Verfahren von Birkeland-Eyde und Schönherr, deren wirtschaftliche Bedeutung in einem besonderen Kapitel besprochen werden soll, hat nun noch ein anderes zu einer fabriksmäßigen Anlage geführt. Harry und Arthur Pauling haben ein Verfahren zur Erzeugung von Salpetersäure aus der Luft erfunden, das sich dadurch auszeichnet, daß feste leitende Körper in regelmäßiger Zeitfolge durch die zwischen feststehenden Elektroden gebildete elektrische Flamme hindurchgeführt werden. Durch diese Einrichtung soll offenbar eine wirksame Abkühlung bewirkt werden. Die Erfindung ist von der Salpetersäure-Industriegesellschaft in Gelsenkirchen erworben worden, die in der Nähe von Innsbruck eine Anlage erbaut hat, in der die Wasserkraft der vom Brenner herabfließenden Sill für die Oxydation des Luftstickstoffes verwertet wird. Über die Art des Betriebes und den damit erzielten Erfolg ist bisher nichts Näheres bekannt geworden.

Die Beeinflussung des elektrischen Lichtbogens durch elektromagnetische Kräfte, wie sie Birkeland und Eyde zuerst für die Luftverbrennung anwandten, ist noch von vielen anderen Erfindern be-

nutzt worden. Moscicki in Freiburg in der Schweiz[1]) erzeugt einen Lichtbogen, der, zwischen zwei konzentrisch angebrachten röhrenförmigen Kupferelektroden übergehend, unter dem Einfluß eines starken magnetischen Feldes, dessen Kraftlinien senkrecht zur Richtung der elektrischen Entladung verlaufen, zu wandern beginnt, und zwar infolge der konzentrischen Anordnung der Elektroden in kreisende Bewegung gerät. Rotiert er rasch genug, so erscheint er dem Auge als leuchtende Ringscheibe. Durch diese Flammenscheibe hindurch konnte die Luft mit regulierbarer Geschwindigkeit hindurchgeblasen werden. Mit einem Wechselstrom von 25 Kilowatt, 3000 Volt und 50 Perioden soll der Ofen 525 kg Salpetersäure pro Kilowattjahr liefern.

Moscicki hat sich noch einen anderen Ofen patentieren lassen, der zwar keine höhere Ausbeute an Stickoxyd liefert, dieses aber in viel größerer Konzentration erzeugt, was, wie wir früher auseinandergesetzt haben, für die Gesamtanlage von nicht zu unterschätzender Bedeutung ist. „Auch in diesem Ofen wird eine rotierende Flammenstrombahn erzeugt; allein damit die Reaktionsgase möglichst rasch abgekühlt werden, müssen sie nach dem Verlassen der Flamme einen Metallkörper mit vielen Löchern passieren. Auf diese Weise soll die Abschreckung der Gase noch mehr beschleunigt und damit erreicht werden, daß die Konzentration des Stickoxydes in den abziehenden Gasen eine relativ hohe bleibt. Der Ofen ist so konstruiert, daß der abkühlende Metallkörper direkt als Elektrode dient. Durch Wasserkühlung auf niederer Temperatur gehalten, wird der Block einer anderen hohlen, zur Kühlung mit Öl eingerichteten Elektrode gegenübergestellt. Beide Elektroden sind innerhalb einer von Strom durchflossenen Drahtspule so angeordnet, daß die Kraftlinien des erzeugten magnetischen Feldes parallel zur Elektrodenachse gehen und infolgedessen die zwischen den beiden Polen entstehende Flamme unter dem Einfluß des Feldes gezwungen ist, zu rotieren, sich über die Fläche der großen durchlöcherten Kühlelektrode auszubreiten und sich an dieselbe anzuschmiegen. So können die Gase, die im kegelstumpfförmigen Flammenmantel hoch erhitzt werden, sehr rasch auf ungefähr 700° abgekühlt werden, ohne daß die durchgeschickte Luftmenge zu groß werden muß. Pro Kilowattstunde Flammenenergie soll nur noch ein halber Kubikmeter Luft erforderlich sein. Das Verfahren, bereits in größerem

1) Huber, Zur Stickstofffrage, S. 57. Bern 1908.

Maßstabe ausprobiert, soll zur Übertragung in den Großbetrieb in allen Einzelheiten vollständig ausgearbeitet sein."

Wir haben in den bisherigen Betrachtungen, den theoretischen sowohl als den praktischen, die elektrischen Entladungen stets nur als Mittel betrachtet, um die Luft auf die für die Stickstoffverbrennung notwendige hohe Temperatur zu bringen. Es scheint aber, daß die elektrische Entladung als solche eine Verbindung der beiden Hauptbestandteile der Luft herbeiführen kann.

In neuester Zeit hat der Professor der Physik in Berlin Warburg gezeigt, daß eine Oxydation des Stickstoffes auch durch solche elektrische Entladungen bewirkt werden kann, die nur mit ganz unerheblicher Temperatursteigerung vor sich gehen. Läßt man hochgespannten Wechselstrom oder unterbrochenen Gleichstrom zwischen Elektroden von großer Oberfläche übergehen, die durch einen nicht leitenden Körper, ein Dielektrikum, voneinander getrennt sind, so erfolgt der elektrische Ausgleich in der Form der sogenannten stillen oder dunklen Entladungen, die bekanntlich zur Ozonerzeugung Verwendung finden. Ein solches Ozonrohr besteht in der Regel aus zwei konzentrisch angeordneten Glaszylindern, von denen der äußere Zylinder außen, der innere an seiner Innenfläche mit Metallfolie belegt ist. Bei der Entladung zwischen den als Elektroden dienenden Metallbelegungen füllt sich der Raum zwischen den beiden Glaszylindern mit schön leuchtendem violettem Licht. Bläst man Luft durch den Zwischenraum, so hängt es von der Geschwindigkeit des Luftstromes ab, ob der Sauerstoff der Luft in Ozon übergeführt oder mit dem Stickstoff zu Salpetersäure verbunden wird. Bei sehr raschem Luftstrom wird nur Ozon gebildet, bei sehr langsamem scheint ausschließlich Oxydation des Stickstoffes stattzufinden.

Von besonderem Interesse ist es, daß bei dieser Oxydation des Stickstoffes mit stillen Entladungen nicht Stickoxyd (NO), sondern gleich die höchste Oxydationsstufe des Stickstoffes, nämlich das Pentoxyd (N_2O_5) gebildet wird, das mit Wasser sofort in Salpetersäure (H_3NO_2) übergeht:

$$N_2O_5 + H_2O = 2\ HNO_3$$

Vorläufig sind die auf diesem Wege erzielten Ausbeuten nur sehr gering; es ist aber keineswegs unmöglich, daß Mittel und Wege gefunden werden, die eine höhere Ausbeute ergeben, so daß an eine technische Verwertung des Verfahrens gedacht werden kann. Der Vorteil würde darin bestehen, daß die ganzen sehr umfangreichen

und komplizierten Einrichtungen zur Absorption und Kondensation der nitrosen Gase, die oben ausführlich geschildert worden sind, in Wegfall kommen könnten.

Ferner haben Professor Haber und König in Karlsruhe Beobachtungen gemacht, die zu beweisen scheinen, daß auch bei der Stickstoffoxydation im Lichtbogen spezifisch elektrische Ursachen wirksam sind. Haber und König konnten feststellen, daß in Röhren, deren Hohlraum durch die elektrische Flamme vollkommen ausgefüllt wurde, bei äußerer Kühlung Stickoxyd in Konzentrationen von 10 % gebildet wurde, wenn die Luft im Reaktionsrohr so verdünnt wurde, daß der Druck nur noch 100 mm Quecksilber betrug. Da eine Stickoxydkonzentration von 10 % einer Temperatur von 4200 ° entsprechen würde, Haber und König die Temperatur ihrer Flammen aber auf höchstens 3000 ° schätzen, so müssen unter den angegebenen Umständen noch andere als rein thermische Ursachen bei der Stickoxydbildung mitgewirkt haben.

Anderseits hat man sehr interessante Versuche gemacht, die für die Stickstoffverbrennung notwendige Temperatur ohne Zuhilfenahme von elektrischer Energie zu erzeugen. F. Häußer ging von der durchaus richtigen Vorstellung aus, daß die Erzeugung hoher Temperaturen auf elektrischem Wege einen Umweg bedeutet, der der Ökonomie des Prozesses sicherlich nicht günstig ist. Häußers Vorschlag beruht auf der Tatsache, daß bei der Explosion von komprimierten brennbaren Gasen, wie sie z. B. in unseren Gaskraftmaschinen zur Gewinnung mechanischer Energie beständig stattfinden, für sehr kurze Zeiten hohe Temperaturen erreicht werden, also Umstände vorhanden sind, wie sie für die Verbrennung des Stickstoffes gefordert werden. Da außerdem auf die Explosion sofort eine Kühlung bewirkende Expansion der Gase erfolgt, so darf man voraussetzen, daß die erreichte Gleichgewichtskonzentration keinerlei Einbuße durch Rückbildung von Stickoxyd erfahre. Immerhin übersteigen die auf diese Weise erreichbaren Temperaturen 2000 ° C nicht um viel, so daß auf keine größere Stickoxydkonzentration als 0,27—0,35 % gerechnet werden darf. Um ein wirtschaftliches Resultat zu erzielen, schlägt Häußer nun vor, daß die in großer und immer wachsender Menge aufgestellten Gaskraftmaschinen so modifiziert werden sollen, daß bei ihrem Betriebe Stickoxyd als Nebenprodukt gewonnen wird. So interessant und theoretisch einwandsfrei der Häußersche Gedanke auch ist, so würde ein Versuch zur technischen Durchführung dieses Prinzipes vor

allem wohl daran scheitern, daß die Anlagen zur Absorption von nitrosen Gasen in solcher Verdünnung ganz außerordentlich umfangreich sein müßten. Da außerdem die durch Gasmotoren an einer Stelle in einer Fabrik erzeugte Energie in wenigen Fällen einige Tausend Pferdekräfte übersteigen wird, so kann man kaum erwarten, daß ein Unternehmer, um etliche Hundert Tonnen Salpeter im Jahre zu erzeugen, so komplizierte und kostspielige Einrichtungen treffen wird. Der Vorschlag von Häußer, die Verbrennungstemperatur und damit die Ausbeute dadurch zu erhöhen, daß während der Verbrennung die Kompression noch gesteigert wird, würde besondere Verbrennungskompressoren erfordern, die ausschließlich der Stickoxyderzeugung dienen. Man würde zwar auf diese Weise zu höheren Stickoxydkonzentrationen kommen, die Beimischung aber der großen Menge von Verbrennungsprodukten der für die Explosion gebrauchten Gase würde die Absorption sicher sehr erschweren.

Der Häußersche Gedanke ist auch von anderen verwertet worden, ohne indes zu einem bemerkenswerten Erfolge zu führen.

Viertes Kapitel.

Die Bildung von Ammoniak aus atmosphärischem Stickstoff.

Ebenso wie sich Stickstoff unter dem Einfluß elektrischer Entladungen mit Sauerstoff vereinigt, verbindet sich der Stickstoff unter ähnlichen Bedingungen mit Wasserstoff zu Ammoniak. Schon 1846 hatte Régnault beobachtet, daß in einem Gemisch von Stickstoff und Wasserstoff, das der Einwirkung von Induktionsfunken ausgesetzt worden war, Ammoniak nachgewiesen werden konnte. Die Menge von Ammoniak, die auf diese Weise gewonnen werden kann, ist außerordentlich gering, was zum Teil darauf beruht, daß der elektrische Funke ebenso leicht wie er es bildet, eine Zersetzung des Ammoniaks herbeiführt. Ordnet man den Versuch so an, daß das entstehende Ammoniak sofort an eine Säure gebunden wird, so nimmt zwar die Ausbeute an Ammoniak etwas zu, aber die Gesamtmenge ist auch in diesem Falle so unbedeutend, daß an eine technische Herstellung von Ammoniak auf diesem Wege nicht gedacht werden kann.

Die Bildung von Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff ist ebenso wie die Bildung von Stickoxyd aus Stickstoff und Sauerstoff ein umkehrbarer Prozeß.

$$N_2 + 3\ H \rightleftarrows 2\ NH_3.$$

Während aber die Stickoxydbildung ein endothermischer Prozeß ist, also unter Wärmeaufnahme verläuft, wird bei dem Zusammentritt von Stickstoff und Wasserstoff zu Ammoniak Wärme frei. Die Ammoniakbildung ist ein exothermischer Prozeß. Aus den Betrachtungen über das Gleichgewicht bei umkehrbaren Gasreaktionen wissen wir, daß bei exothermischen Prozessen Erhöhung der Temperatur die Lage des Gleichgewichtes zu ungunsten des Reaktionsproduktes verschiebt. Haber und van Oordt haben Untersuchungen über das Ammoniakgleichgewicht angestellt. Da die Geschwindigkeit, mit der sich das Gleichgewicht bei der Erhitzung von Stickstoff und Wasserstoff einstellt, so außerordentlich gering ist, daß eine Beobachtung desselben unmöglich wird, so bedienten sich die beiden Forscher bei ihren Untersuchungen sogenannter Katalysatoren. Darunter versteht man Substanzen, die die merkwürdige Eigenschaft besitzen, ohne selbst an der Reaktion teilzunehmen, die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen. Der bis jetzt bekannte beste Katalysator für die Ammoniakbildung ist fein verteiltes Eisen. Aber auch mit diesem Hilfsmittel ist die Reaktionsgeschwindigkeit noch immer so klein, daß eine Temperatur von 1000° angewendet werden muß, um eine hinreichend schnelle Einstellung des Gleichgewichtes zu erzielen. Bei dieser Temperatur beträgt aber die Gleichgewichtskonzentration des Ammoniaks nur 0,012 Volumprozent. Haber hat die Gleichgewichtskonzentration für verschiedene Temperaturen berechnet und folgende Werte gefunden:

Zusammensetzung der Gleichgewichtsmischung.

Temperatur in Celsiusgraden	Volumprozent H	Volumprozent N	Volumprozent NH_3
27	1,12	0,37	98,51
327	68,46	22,82	8,72
627	74,84	24,95	0,21
927	75	25	0,024
1020	75	25	0,012

Um also diesen Weg der Ammoniakgewinnung mit Erfolg beschreiten zu können, müßte man einen Katalysator ausfindig machen, der

schon bei etwa 300° eine genügend große Beschleunigung der Reaktion herbeiführt. Man würde dann mit einer Gleichgewichtskonzentration von etwa 8 % Ammoniak rechnen können, die die technische Ausgestaltung des Verfahrens wohl ermöglichen würde.

Man hat auch versucht, auf einem Umwege die Ammoniaksynthese zu erreichen. Es ist bekannt und von uns auch schon erwähnt worden, daß eine Reihe von festen Substanzen die Eigenschaft hat, sich bei erhöhter Temperatur mit Stickstoff zu verbinden. Zu diesen Substanzen gehört eine Reihe von Metallen wie Lithium, Kalzium, Barium, Magnesium, Mangan, Titan und zwei Nichtmetalle, nämlich Bor und Kohlenstoff. Die Metallverbindungen werden gewöhnlich als Nitrite bezeichnet, und mit diesen wollen wir uns zunächst beschäftigen. Es gibt verschiedene Wege, um die Verwandtschaft der genannten Metalle zum Stickstoff für die Ammoniakgewinnung auszunützen. Mit Ausnahme des Titanstickstoffes zersetzen sich die Nitrite der verschiedenen Metalle bei der Behandlung mit Wasser in Metalloxyd und Ammoniak, Lithium läßt sich schon bei wenig erhöhter Temperatur, ja schon bei Zimmerwärme, Magnesium bei schwacher Rotglut sehr vollständig in das Nitrit überführen. Bei Kalzium und Mangan ist der Prozeß, wenn eine annähernd vollkommene Umwandlung erreicht werden soll, schon etwas umständlicher, aber immer noch ohne erhebliche Schwierigkeiten durchzuführen. Die Zerlegung des Nitrites in Metalloxyd und Ammoniak geht bei allen sehr leicht mit kaltem oder heißem Wasser oder Wasserdampf vor sich, und der gesamte gebundene Stickstoff geht ohne Verlust in Ammoniak über. Soweit läßt das Verfahren nichts zu wünschen übrig. Leider ist aber die Zurückgewinnung der Metalle aus ihren Oxyden zwar kein besonders schwieriger Prozeß, Kalzium und besonders Magnesium werden bekanntlich fabriksmäßig in ziemlich großen Mengen hergestellt, wohl aber sehr kostspielig. Das auf diese Weise aus den Nitriten hergestellte Ammoniak wird zu teuer.

Kalzium und Mangan bieten indes noch eine andere Möglichkeit, sie für die Ammoniakgewinnung zu verwerten. Wird Kalziumnitrit in Wasserstoffstrom auf etwa 800° erhitzt, so reagiert es mit dem Wasserstoff in der Art, daß der Stickstoff des Nitrites mit dem Wasserstoff Ammoniak bildet und an Stelle des Stickstoffes sich Wasserstoff mit dem Kalzium vereinigt, so daß eine Kalzium-Wasserstoffverbindung, das Kalziumhydrür, entsteht. Dieses läßt sich bei derselben Temperatur durch Überleiten von Stickstoff in das Nitrit zurückverwandeln. Leitet man demnach bei entsprechender Tempe-

ratur über Kalziumnitrit ein Gemisch von Stickstoff und Wasserstoff, so muß kontinuierlich Ammoniak dabei entstehen. Wir haben es hier wieder mit einer umkehrbaren Gasreaktion zu tun, bei der das entstehende Gemisch von Kalziumnitrit und Kalziumhydrür die Rolle eines Katalysators übernimmt. Haber und van Oordt haben durch eine sehr eingehende Untersuchung festgestellt, daß die Reaktionen tatsächlich in dem angegebenen Sinne erfolgen, daß aber andrerseits die Umwandlung des Nitrites in das Hydrür und dessen Rückbildung in das Nitrit nur sehr unvollkommen verlaufen, so daß immer nur ein kleiner Teil der vorhandenen Kalziumverbindungen an den Umsetzungen teilnimmt. Da außerdem bei der notwendigen hohen Temperatur von 800° das Ammoniakgleichgewicht schon bei sehr niedriger Konzentration erreicht wird, so bietet auch dieser Weg keine Aussicht auf Erfolg.

Ein klein wenig günstiger waren die Ergebnisse bei den Versuchen mit Mangan, die ebenfalls von Haber und van Oordt ausgeführt worden sind. Das Mangannitrit wird bei einer Temperatur von 530° C an durch Wasserstoff unter Ammoniakentwicklung zu metallischem Mangan reduziert. Da bei diesem Prozeß die Reaktionstemperatur tiefer liegt, so ist auch die Lage des Ammoniakgleichgewichtes günstiger und die Ammoniakbildung dementsprechend reichlicher. Gleichwohl sind auch die mit Mangan zu erzielenden Ausbeuten so gering, daß ein praktischer Erfolg mit dieser Methode nicht vorauszusetzen ist.

Da die Ammoniaksynthese aus den Elementen mit Volumverminderung verläuft, ein Volumen Stickstoff und drei Volumina Wasserstoff geben nur zwei Volumina Ammoniak, so muß bei Ablauf der Ammoniakbildung unter Druck eine günstige Verschiebung des Ammoniakgleichgewichtes eintreten. Versuche in dieser Richtung sind mir indes nicht bekannt geworden.

Das Titan besitzt ebenfalls so große Verwandtschaft zum Stickstoff, daß es sich bei sehr hoher Temperatur damit zu Stickstofftitan oder Titannitrit (TiN_2) verbindet. Außer dem Titannitrit gibt es noch eine andere Titanstickstoffverbindung, das Titansesquinitrit (Ti_6N_6). Dieses geht beim Glühen im Stickstoffstrome in Titannitrit über. Das Titannitrit gibt beim Glühen im Wasserstoffstrome den bei der ersten Operation aufgenommenen Stickstoff als Ammoniak wieder ab und verwandelt sich dabei in Titansesquinitrit zurück. Auf Grund dieser Reaktionen hat Tessié du Motay vorgeschlagen, das Titannitrit zur kontinuierlichen Gewinnung von Ammoniak zu verwenden.

Das Titannitrit wird zuerst im Wasserstoffstrom geglüht, bis kein Ammoniak mehr entweicht, dann im Stickstoffstrom, bis kein Stickstoff mehr aufgenommen wird, und das entstandene Nitrit wieder mit Wasserstoff behandelt. Trotz vielfacher Versuche hat auch dieses Verfahren keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Ein anderer sehr interessanter Vorschlag ist in jüngster Zeit von der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen gemacht worden. Wird Titandioxyd (TiO_2) mit Kohle gemischt in einer Stickstoffatmosphäre sehr hoch erhitzt, so bildet sich Zyanstickstofftitan ($Ti_{10}C_2N_8$). Nach den Beobachtungen der Anilinfabrik gibt diese Substanz allen in ihr enthaltenen Stickstoff als Ammoniak ab, wenn man sie einer oxydierenden Behandlung unterwirft, also z. B. mit Schwefelsäure kocht. Man erhält dann den ganzen an das Titan gebundenen Stickstoff als Ammoniumsulfat, während das Titan als Titandioxyd oder Titansäure im Rückstande bleibt, der sofort wieder mit Kohle und Stickstoff erhitzt Zyanstickstofftitan bildet. Ob dieser Weg zu einem technischen Resultat führt, muß die Zukunft lehren.

Auch das Bor läßt sich zur Ammoniakgewinnung heranziehen. Borsäure mit der entsprechenden Menge Kohle bei sehr hoher Temperatur z. B. im elektrischen Ofen in einer Stickstoffatmosphäre geglüht, geht in Borstickstoff (BN) über, der bei 200° mit Wasser und Alkali behandelt, in Borsäure und Ammoniak zerfällt. Freilich werden auch hier, wie bei so vielen anderen an sich möglichen Prozessen, die hohen Kosten der Borstickstoffdarstellung die technische Verwertung verhindern.

Dagegen haben die Versuche, den Stickstoff mit Kohlenstoff zu vereinigen oder ihn in Kohlenstoffverbindungen einzuführen, zu sehr bedeutenden Erfolgen geführt.

Fünftes Kapitel.

Zyanverbindungen aus atmosphärischem Stickstoff.

Die Verbindung des Stickstoffes mit Kohlenstoff, das Zyan (C_2N_2), hat bis vor wenigen Jahren für die chemische Industrie nur geringes Interesse gehabt. Das Zyan, selbst ein giftiges Gas, bildet mit Wasserstoff die Blausäure, die als sehr schnell wirkendes tödliches Gift bekannt ist. Durch die Verbindung der Blausäure mit Eisen entstehen Farbstoffe (Berliner Blau, 1704 von Diesbach

in Berlin entdeckt), die früher in der Zeugfärberei verwendet, jetzt aber durch die schöneren Teerfarbstoffe verdrängt sind. Die Zyanalkalimetalle, Verbindungen des Zyans mit Kalium und Natrium, fanden eine Zeitlang Verwendung als Fixiermittel in der Photographie. Als man aber in dem Natriumthiosulfat ein vollkommen ungiftiges Lösungsmittel für Chlor und Bromsilber entdeckte, gab man natürlich die Benutzung des sehr giftigen Zyankaliums auf. Das Interesse der chemischen Industrie für die Zyanide, so werden die Zyanmetalle genannt, war immer geringer geworden. Als aber 1887 Mac Arthur und Forrest und fast gleichzeitig Siemens und Halske Verfahren entdeckten und ausarbeiteten, die Löslichkeit des Goldes in Zyankalium oder Zyannatrium mit großem Vorteil für die Gewinnung des Goldes aus seinen Erzen zu verwenden, wandte sich die Aufmerksamkeit der Chemiker wieder der Herstellung von Zyaniden zu. Den Versuchen, durch Verwendung des Luftstickstoffes eine billige Methode für die Herstellung von Zyanverbindungen zu finden, verdanken wir eine andere Methode der Stickstoffbindung, die wir jetzt besprechen wollen.

Daß in Schmelzöfen kohlenstoffhaltige Salzmassen entstehen, war bereits 1813 von Zincken beobachtet worden, aber erst Dawes hatte 1835 gefunden, daß es sich hierbei um die Bildung von Zyankalium handelt. Später zeigte Desfosses, daß bei sehr hohen Temperaturen und in Gegenwart eines feuerbeständigen Alkali Stickstoff von Holzkohle unter Bildung von Zyanmetall aufgenommen wird. Die viel umstrittene Frage, ob es atmosphärischer Stickstoff sei, der bei diesem Prozeß sich mit Kohlenstoff und Alkalimetall vereinige, wurde 1845 durch die Untersuchungen von Bunsen und Playfair entschieden, die mit vollkommen reinen, d. h. vor allem stickstofffreien Materialien arbeiteten und die Beteiligung des Luftstickstoffes sicher feststellten. Bunsen und Playfair haben auch gezeigt, daß diese Art der Zyangewinnung in großem Maßstabe möglich ist, indem sie mit einem Ofen arbeiteten, der 100 kg Zyanverbindungen in 24 Stunden lieferte.

Mischt man eine basische Metallverbindung, z. B. Soda, Pottasche, Baryt oder Kalk mit Kohle und erhitzt das Gemisch in einer Stickstoffatmosphäre, so wird stets ein Zyanmetall gebildet, vorausgesetzt, daß die Temperatur so hoch getrieben wird, daß sie ausreicht, um die Metallverbindung durch die Kohle zu reduzieren. Die Natur der chemischen Umsetzungen, die bei diesem Prozesse stattfinden, ist erst in den letzten Jahren richtig erkannt worden. Während

man früher annahm, daß ein Teil des reduzierten Metalles sich mit dem Stickstoff zu Nitrit, ein anderer Teil sich mit überschüssiger Kohle zu Karbid verbinde, und das Nitrid durch Aufnahme von Kohlenstoff, das Karbid durch Aufnahme von Stickstoff in Zyanid übergehe, hat sich herausgestellt, daß zunächst Zwischenverbindungen, nämlich Metallzyanamide, entstehen, aus denen erst sekundär die Zyanide hervorgehen.

Das Zyanamid besteht aus Zyan und einer Amid genannten, nur in Verbindung mit anderen Substanzen existierenden Stickstoff-Wasserstoffverbindung (NH_2). Seine chemische Formel lautet $CNNH_2$. Wird der Wasserstoff im Amid durch ein Metall ersetzt, so entsteht das betreffende Metallzyanamid, Natriumzyanamid ($CNNa_2$), Kalziumzyanamid (CNNCa) usw.

Im Jahre 1894 hatte Moissan, der berühmte französische Chemiker, der die Anwendung des elektrischen Ofens in die Chemie einführte, gefunden, daß sich die Karbide des Kalziums und Bariums auf einfache Weise dadurch herstellen lassen, daß die betreffenden Metalloxyde, also Kalk oder Baryt, mit Koks im elektrischen Ofen zusammengeschmolzen werden. Die Herstellung des Kalziumkarbids auf diesem Wege, das bekanntlich bei Berührung mit Wasser das für die Beleuchtung wichtige Acetylengas liefert, hat sich zu einer bedeutenden Industrie entwickelt. Moissan hatte bereits das von ihm hergestellte reine Kalziumkarbid der Einwirkung von Stickstoff unterworfen, konnte aber selbst bei einer Temperatur von 1200° keine Reaktion zwischen dem Karbid und dem Gas erreichen.

Im Jahre 1895 begannen Adolph Frank, der berühmte Begründer der deutschen Kaliindustrie, und Caro sich mit der Frage zu beschäftigen, unter welchen Bedingungen die Karbide der Alkalien und Erdalkalien Stickstoff zu binden vermögen. Sie erhitzten zerkleinertes Baryumkarbid in röhrenförmigen Schamotteretorten auf dunkle Rotglut und leiteten Stickstoff darüber, der noch geringe Mengen Sauerstoff enthielt und vor dem Eintritt in die Retorten durch Wasser geleitet wurde, um so kleine Mengen von Wasserdampf aufzunehmen. Von dem Wasserdampf nahmen die beiden Forscher an, daß er eine anregende Wirkung auf die Reaktion ausübe. Jede Retorte enthielt 10—20 kg Karbid, die in zwei Stunden 2—2½ cbm Stickstoff aufnahmen. Das erkaltete Produkt wurde mit Wasser ausgelaugt, wobei das entstandene Zyanid sich löste, während das unverändert gebliebene Karbid mit dem Wasser Azetylen entwickelte.

Zur technischen Ausbildung des Verfahrens wurde im Jahre darauf von der Dynamit-Aktiengesellschaft vorm. Alfred Nobel & Co. in Hamburg eine Versuchsanlage errichtet, die aber zu keinem technisch brauchbaren Erfolge führte.

Im Verlaufe der weiteren Arbeiten, an denen in hervorragender Weise der Mitarbeiter Franks und Caros Roth sich beteiligte, wurde gefunden, daß bei der Reaktion zwischen Stickstoff und Bariumkarbid keineswegs das ganze überhaupt in den Prozeß eintretende Karbid in Cyanid übergeführt wurde, sondern daß weitaus die größere Menge, etwa 70 %, unter Abspaltung von Kohlenstoff in Bariumcyanamid überging. Beim Umschmelzen mit Soda ging dieses, indem wieder Kohlenstoff aufgenommen wurde, in Cyanbarium über.

$$BaC_2 + N_2 = BaN_2C$$
$$BaN_2C + C = (CN)_2Ba.$$

Ähnliche Verhältnisse zeigten sich bei der Verwendung von Kalziumkarbid, nur erforderte das letztere eine höhere Temperatur, nämlich 1000—1100°, während für die Umwandlung des Bariumkarbids 700—800° genügen.

Zur Ausbeutung des Verfahrens bildeten die Erfinder mit Siemens & Halske die Cyanidgesellschaft in Berlin, an der in den ersten Jahren auch die Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M. beteiligt war. Die Versuche wurden jetzt wesentlich mit dem in großen Mengen in den Handel kommenden billigeren Kalziumkarbid ausgeführt, das nach der Azotierung mit Kochsalz umgeschmolzen wurde. Das gebildete Cyanid wurde durch Mineralsäuren zerlegt, die entstehende Cyanwasserstoffsäure abdestilliert und in Alkalilaugen absorbiert, um Cyannatrium oder Cyankalium zu erzeugen. Das Verfahren wurde in kurzer Zeit so verbessert, daß 85—95 % der theoretischen Stickstoffmenge von dem Karbid aufgenommen wurden. Das Kalziumcyanamid stellt dann eine schwarze Masse dar, die mit Kalk und Kohle verunreinigt ist und 20—23,5 % Stickstoff enthält.

Die technische Herstellung des Cyanamids geschieht in der Weise, daß die eisernen ganz geschlossenen, mit Füll- und Entleerungsvorrichtungen versehenen Retorten, die in einem gemauerten Ofen liegen, mit fein zermahlenem Karbid bester Qualität gefüllt werden. Dann wird Stickstoff zugeleitet und auf 1000° erhitzt. Sobald die Reaktionstemperatur erreicht ist, wird der Stickstoff unter Wärmeentwicklung und lebhaftem Aufglühen der Masse absorbiert. Wenn

kein Stickstoff mehr aufgenommen wird, der Prozeß also beendet ist, läßt man unter Luftabschluß abkühlen und zerkleinert die aus dem Ofen genommene Masse.

Der für den Prozeß notwendige Stickstoff muß möglichst frei von Sauerstoff und vollkommen trocken sein, was bei der Wasserzersetzlichkeit des Karbids besonders wichtig ist. Für die Gewinnung des Stickstoffes stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Am vollkommensten ist das Lindesche Verfahren. Die Luft wird verflüssigt und dann werden auf Grund der verschiedenen Siedepunkte der beiden Bestandteile der verflüssigten Luft, flüssiger Sauerstoff siedet bei —183°, flüssiger Stickstoff bei —190°, durch fraktionierte Destillation die beiden Gase so vollständig voneinander getrennt, daß der Stickstoff nur so wenig Sauerstoff enthält, daß er darin mit den gewöhnlichen technisch-analytischen Methoden nicht mehr nachweisbar ist. Die nach dem Lindeschen Verfahren arbeitenden Fabriken garantieren dafür, daß der Gehalt an Sauerstoff 0,4 % nicht übersteigt. Außerdem ist der auf diese Weise gewonnene Stickstoff vollkommen trocken. Das älteste Verfahren besteht darin, daß man Luft über glühende Kupferschnitzel führt. Das Kupfer zieht unter Bildung von Kupferoxyd den Sauerstoff an sich, während der Stickstoff unverändert bleibt. Das Kupferoxyd kann durch Überleiten von reduzierenden Gasen wieder in metallisches Kupfer umgewandelt werden.

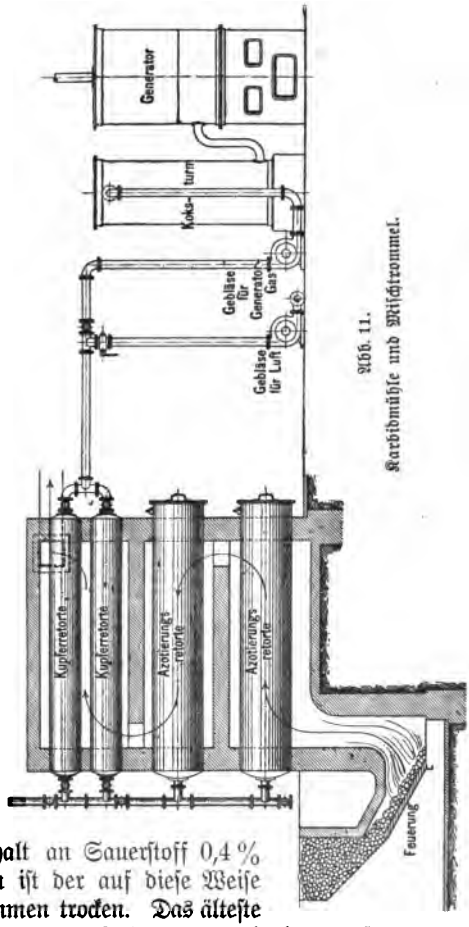


Abb. 11. Karbidmühle und Mischtrommel.

Ein drittes Verfahren, das auch in den Zyanamidfabriken angewendet wird, beruht auf der Beobachtung von Caro, „daß die durch Verbrennung von Generatorgas erhaltenen Gase beim Leiten durch eine Mischung von Kupfer und Kupferoxyd sowohl von den in diesen Gasen befindlichen geringen Mengen Sauerstoff als auch von Kohlenoxyd befreit werden, so daß, gleichgültig wie der Generatorprozeß geleitet wird, man stets ein Gas erhält, das aus einem Gemisch von Kohlensäure und Stickstoff frei von anderen Bestandteilen besteht". Durch Absorption der Kohlensäure, z. B. durch Kalkmilch, erhält man dann reinen Stickstoff.

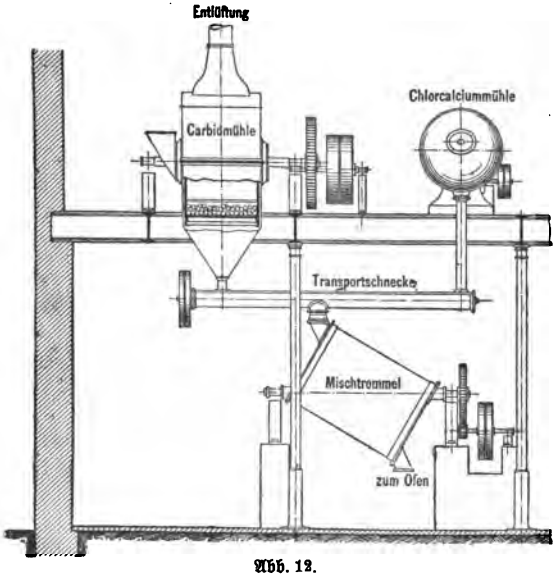


Abb. 12.
Azotierungs- und Kupferretorten.

Die Tatsache, daß nur das unreine Handelsprodukt, nicht aber ganz reines Kalziumkarbid Stickstoff aufzunehmen vermag, legte den Gedanken nahe, nach Substanzen zu suchen, durch deren Zumischung zum Karbid die Überführung in Zyanamid erleichtert werden könnte. Pottasche, Metalloxyde, metallisches Eisen erwiesen sich als wirkungslos. 1901 gelang es F. Polzeniusz in dem Chlorkalzium eine geeignete Substanz aufzufinden. Durch eine Zumischung von 10 % Chlorkalzium zum Karbid wurde schon bei einer Temperatur von nur 650—700° innerhalb zweier Stunden ein Produkt mit einem Gehalt von mehr als 23 % Stickstoff gefunden. Das war eine wichtige Entdeckung nicht nur insofern, als die niedrigere Reaktionstemperatur eine bedeutende Ersparnis an Heizmaterial ermöglichte, sondern besonders deshalb, weil die hohe Reaktions-

temperatur des Frank-Caroschen Verfahrens für die eisernen Gefäße, in denen das Karbid der Einwirkung des Stickstoffes ausgesetzt wird, in kurzer Zeit verderblich wird.

Das Polzeniuszsche Patent wurde von der Gesellschaft für Stickstoffdünger in Westeregeln bei Magdeburg erworben, die von den Konsolidierten Alkaliwerken in Westeregeln in Gemeinschaft mit der Metallurgischen Gesellschaft in Frankfurt a. M. gegründet wurde.

Eine sehr sorgfältige Untersuchung der Zyanamidbildung aus Karbid durch Caro scheint zu einer sehr wesentlichen Änderung der Fabrikation geführt zu haben, die den Zusatz von Chlorkalzium und anderen die Reaktion erleichternden Substanzen überflüssig machen würde.

Die der Bildung von Zyanamid aus Karbid zugrunde liegende Reaktion ist umkehrbar, so zwar, daß bei sehr hohen Temperaturen, nach den Feststellungen von Caro für ein bestimmtes Produkt bei 1350°, aus Kalziumzyanamid Karbid und Stickstoff entstehen. Es ist aus diesem Grunde unmöglich, das aus dem elektrischen Ofen erhaltene glühende Karbid direkt zu azotieren, es ist dazu eine Abkühlung notwendig. Nun verläuft die Absorption des Stickstoffes durch Karbid unter Wärmeentwicklung, die Bildung von Kalziumzyanamid ist ein exothermischer Prozeß. Die Folge davon ist, daß bei der Einwirkung des Stickstoffes auf das hocherhitzte Karbid durch die Reaktionswärme die Temperatur soweit steigt, daß die Reaktion in umgekehrter Richtung zu verlaufen beginnt. Diese Reaktionswärme führt bei von außen beheizten Retorten zu einer Überhitzung der Retortenwände und bedingt eine sehr schnelle Abnützung des Gefäßmaterials. Anderseits genügt die Reaktionswärme unter gewöhnlichen Umständen nicht, um ein selbsttätiges Fortschreiten der Reaktion zu bewirken. Um die exothermische Wärme für den Prozeß selbst zu benutzen, bringt Caro das sehr weit zerkleinerte Karbid in ein wärmeisoliertes Gefäß und erhitzt es durch einen in der Mitte der Masse befindlichen Kohlenstab, dem ein elektrischer Strom von genügender Stärke zugeleitet wird, um ihn zum Glühen zu bringen. Die Zyanamidbildung beginnt um den Kohlenstab herum. Sobald der Umkreis des erhitzten Karbides eine bestimmte Größe erreicht hat, kann man die elektrische Heizung unterbrechen, trotzdem geht die Reaktion weiter, bis die Umwandlung in Kalziumzyanamid vollendet ist. „Diese Methode hat naturgemäß zahlreiche Vorteile. Abgesehen von dem sehr geringen Verbrauch an Elek-

trizität für die Einleitung der Reaktion, dem auf ein Minimum gesunkenen Verbrauch an Gefäßmaterial, das, da es mit der erhitzten Masse nicht in Berührung kommt, auch nicht angegriffen wird, ist es noch die Beschleunigung der Reaktion, die hier wesentlich ist. Da die bei der Reaktion frei werdende Wärme hier zur Fortführung der Reaktion selbst benutzt wird, so tritt eine bis zur Umkehrung der Reaktion sich steigernde lokale Überhitzung der Reaktionszone nicht ein, so daß die Reaktion nur in der einen nützlichen Richtung von Karbid und Stickstoff zum Kalziumzyanamid und nicht umgekehrt verläuft."

Nach der Angabe von Caro wird durch diese Art des Verfahrens die Gesamtenergie, die für die Herstellung des fertigen Kalziumzyanamides, das als feines Pulver in den Handel kommt, außerordentlich verändert. Die Herstellung des Kalziumkarbids im elektrischen Ofen eingeschlossen, sollen für Bindung von 1000 kg Stickstoff in Form von Kalziumzyanamid nur 3 Pferdekraftjahre erforderlich sein! Das würde bedeuten, daß man für die Gewinnung des Kalkstickstoffes, wie das Kalziumzyanamid im Handel genannt wird, nicht auf billige Wasserkräfte angewiesen ist, sondern auch kostspieligere Energiequellen, wie z. B. Braunkohlen für die Erzeugung der notwendigen elektrischen Kraft verwenden kann.

Die weittragendste Bedeutung gewann die Frank-Carosche Erfindung aber dadurch, daß Frank entdeckte, daß der Kalkstickstoff unmittelbar als Stickstoffdünger verwendet werden kann. Doch soll über die Verwendbarkeit des Kalkstickstoffes erst in einem späteren Kapitel gesprochen werden.

Sechstes Kapitel.

Die Stickstoffbindung durch Bakterien.

Bereits bei der Besprechung der Salpeterbildung im Boden wurde auf die Bedeutung der Bakterientätigkeit dafür hingewiesen. Bei den als Verwesung und Fäulnis bezeichneten Vorgängen wird der im Eiweiß der abgestorbenen Organismen enthaltene Stickstoff durch die Tätigkeit der Fäulnisbakterien in eine anorganische Verbindung, in Ammoniak, übergeführt. Man hatte schon vor vielen Jahren beobachtet, daß auf diese Weise oder mit dem Stallmist in den Boden gelangendes Ammoniak nach einiger Zeit verschwindet,

dann aber Salpeter in diesem Boden nachgewiesen werden kann. Th. Schlösing hat 1873 die Bedingungen aufgezeigt, unter denen diese Salpeterbildung vor sich geht. Da die Umwandlung von Ammoniak (NH_3) in Salpetersäure (HNO_3) ein Oxydationsvorgang ist, so versteht man leicht, daß das Haupterfordernis für die „Nitrifikation" die Anwesenheit von Sauerstoff ist. Nur wenn der Boden aufgelockert und dadurch der Luft die Möglichkeit gegeben ist, in ihn einzudringen, findet eine reichliche Salpeterbildung statt. Beschränkt oder verhindert man den Luftzutritt, so hört die Salpeterbildung auf, ja im Boden vorhandener Salpeter verschwindet, indem er in Ammoniak zurückverwandelt wird. Außer dem Sauerstoff der Luft ist noch ein bestimmter Feuchtigkeitsgehalt des Bodens unbedingt erforderlich. In vollkommen trockenem Boden findet keine Salpeterbildung statt und man kann durch Austrocknen die Nitrifikation zum Stillstand bringen. Auch die Temperatur ist für den Vorgang keineswegs gleichgültig. Während bei 37° C die Salpeterbildung am besten vor sich geht, hört sie bei 55° vollständig auf und verläuft bei 5° C nur äußerst langsam. Schon diese Verhältnisse machten es wahrscheinlich, daß die im Boden stattfindende Umwandlung von Ammoniak in Salpetersäure auf der Tätigkeit von lebenden Organismen beruht. Der sichere Nachweis wurde von Schlösing in Gemeinschaft mit A. Müntz dadurch erbracht, daß sie den Nitrifikationsprozeß jedesmal zum Stillstand brachten, wenn sie den Boden solchen Einflüssen aussetzten, durch die alles Lebendige in ihm abgetötet wird. Andrerseits konnten die beiden Forscher Salpeterbildung hervorrufen, wenn sie eine geringe Menge Erde in eine geeignet zusammengesetzte Nährsalzlösung brachten, die vorher durch Erhitzen auf 110° steril gemacht worden war.

Dem russischen Gelehrten Winogradsky gelang es dann, die nitrifizierenden Bakterien selbst aufzufinden und ihre Lebensbedingungen zu studieren. Er stellte fest, daß diese Mikroorganismen nicht auf organischen Substanzen gedeihen, sondern anorganischer Verbindungen, Kohlensäure, Ammoniaksalze, zu ihrer Ernährung bedürfen. Erst wenn durch die Fäulnisbakterien das Eiweiß zersetzt und der Stickstoff desselben als Ammoniak frei geworden ist, beginnen die nitrifizierenden Bakterien ihre Tätigkeit. Winogradsky konnte ferner zeigen, daß zwei Gruppen von Bakterien sich an der Oxydation des Ammoniaks beteiligen. Die eine Gruppe, zu der die Nitrosomonas gehört, führt das Ammoniak in salpetrige Säure, also in Nitrit über, die andere Gruppe, die Nitrosobakterarten,

oxydiert das Nitrit zu Nitrat. Die Wirksamkeit des Nitrosobakter beginnt erst, wenn das Ammoniak bis auf Spuren in Nitrit verwandelt worden ist.

Besitzt der Boden nur eine geringe Luftdurchlässigkeit, ist also der Zutritt von Sauerstoff behindert oder erschwert, so treten Reduktionsprozesse auf, durch die das Nitrat in Nitrit und dieses wieder in Ammoniak zurückverwandelt wird. Auch diese Umsetzungen werden durch Bakterien hervorgerufen. Ja, Burri und Stutzer haben aus Pferdemist und Stroh Bakterien isoliert, durch deren Lebenstätigkeit eine so vollständige Zerstörung des Salpeters herbeigeführt wird, daß freier elementarer Stickstoff daraus hervorgeht. Diese „denitrifizierenden" Bakterien gedeihen nur auf Nährböden, die mit organischen Substanzen überladen sind. Sie scheinen im Boden selbst nicht vorzukommen, wohl aber leben sie in großer Menge auf dem Stallmist, mit dem sie auf die Felder gelangen.

Es soll nicht unerwähnt bleiben, daß die Oxydation des Ammoniaks keineswegs ausschließlich durch Bakterientätigkeit bewirkt wird. Der Luftsauerstoff vermag mit Hilfe von im Boden enthaltenen Salzen, besonders Eisenverbindungen, die als Katalysatoren wirken, die Oxydation zu vollziehen, so daß der Salpeter zum Teil auch durch rein chemische Prozesse aus dem Ammoniak im Boden gebildet wird.

Die bisher betrachteten Bakterien binden nicht eigentlich freien atmosphärischen Stickstoff, sondern vermögen nur bestimmte Stickstoffverbindungen in andere überzuführen. Es gibt aber auch Bakterien, die den freien Luftstickstoff zu assimilieren vermögen. Alle diese stickstoffbindenden Bakterien zeichnen sich dadurch aus, daß sie den für ihre Lebenstätigkeit notwendigen Kohlenstoff nicht in Form von Kohlensäure aufzunehmen vermögen, sondern dafür auf organische Kohlenstoffverbindungen angewiesen sind. Einige dieser Bakterienarten beziehen ihren Kohlenstoff aus irgendwelchen ihnen gebotenen organischen Verbindungen, andere dagegen treten im Interesse ihres Kohlenstoffbedürfnisses zu anderen Pflanzen, die mit Hilfe ihres Blattgrüns aus der Kohlensäure der Luft Stärke zu bilden vermögen und in ihren Wurzeln ablagern, in eine enge Lebensbeziehung, gehen mit ihnen eine sogenannte „Symbiose" ein. Man unterscheidet deshalb die Stickstoff bindenden Bakterien als frei lebende und als symbiontische.

Frei lebende Bakterien, die atmosphärischen Stickstoff zu binden vermögen, scheinen in großer Zahl überall im Boden sowohl als

auch im Wasser, auch im Meereswasser, vorzukommen. Wieder war es der russische Forscher Winogradsky, dem es zuerst gelang, eine Stickstoff bindende Bakterienform zu isolieren, eine Klostridiumart, die Winogradsky zu Ehren Pasteurs als Clostridium pasteurianum bezeichnete. Die Klostridiumarten sind Buttersäurebakterien, d. h. sie erzeugen in Lösungen von Stärke, Zucker, milchsauren Salzen usw. reichliche Mengen von Buttersäure unter gleichzeitiger Entwicklung von Kohlensäure und Wasserstoff. Da sie nur in einem sauerstofffreien oder sauerstoffarmen Medium gedeihen und ihre Lebenstätigkeit ausüben, so gehören sie zu den sogenannten „anaeroben" Bakterien. Andere Stickstoff bindende Klostridiumarten sind von Pringsheim auf amerikanischen Kartoffeln, von Haselhoff und Bredemann aus Laub und Erde gezüchtet worden.

Während es sehr unwahrscheinlich ist, daß die stickstoffsammelnde Fähigkeit der Klostridiumarten, schon wegen ihrer anaeroben Natur, für den Boden eine Bedeutung besitzt, scheint eine andere von Beyerinck mit Hilfe der von Winogradsky ausgebildeten Kulturmethoden gefundene und von ihm Azotobakter (chroococcum und agilis) benannte Bakterienart für die Stickstoffanhäufung im Boden von Interesse zu sein. Der Azotobakter ist ein verhältnismäßig großer Organismus (seine Dicke beträgt 0,004—0,006 mm), dessen Bakteriennatur nicht ganz unzweifelhaft feststeht. Einige Forscher sind geneigt, ihn als eine farblose Alge anzusprechen. Der Azotobakter braucht im Gegensatz zu Klostridium ein sauerstoffreiches Medium, ist also „aerob". Ebenso wie Klostridium gedeiht Azotobakter nur auf einem an organischen Kohlenstoffverbindungen reichen Boden, ist aber in bezug auf die Art der ihm gebotenen Kohlenstoffnahrung sehr wenig wählerisch und deshalb auch leicht zu züchten. Unentbehrlich sind für ihn bestimmte Mineralstoffe, besonders Kalk, so daß er auf kalkarmen Böden überhaupt nicht vorkommt, während er sonst eigentlich überall auf dem Lande sowohl wie im Wasser in großer Menge gefunden wird.

Die Menge Stickstoff, die von den Bakterien gebunden wird, steht in direktem Verhältnis zu der Menge der von ihnen aufgenommenen Kohlenstoffnahrung, die wiederum aus der Größe des ausgeatmeten Kohlensäurequantums berechnet werden kann. Man hat gefunden, daß 1 g Bakterienmasse von Azotobakter (auf Trockensubstanz berechnet) in 24 Stunden 1,2759 g Kohlensäure ausatmet. Das ist die größte Atmungsenergie, die nicht nur bei Bakterien, sondern bei allen Lebewesen überhaupt jemals beobachtet

worden ist. Ein erwachsener Mensch z. B. atmet in 24 Stunden nur 800 g Kohlensäure aus. Dieser ganz außerordentlich intensiven Lebenstätigkeit entspricht auch die von Azotobakter gebundene Stickstoffmenge. In Zuckerlösungen wurden in 10 Tagen 75 mg, in 15 Tagen 90 mg und in 20 Tagen 125 mg Stickstoff assimiliert.

Dafür, daß der Azotobakter seine Stickstoff bindende Tätigkeit nicht nur in künstlichen Kulturen im Laboratorium, sondern frei im Boden ausübt, sprechen einige interessante Tatsachen. Die im Humus vorhandenen organischen Substanzen vermögen dem Azotobakter als Nahrung zu dienen; ein an Humussubstanzen reicher Boden, der zugleich reich an Kalk ist und nicht sauer, was dem Fortkommen unserer Bakterien schädlich sein würde, müßte geeignet sein, seinen Vorrat an gebundenem Stickstoff durch Bakterientätigkeit zu ergänzen. Diesen Bedingungen entsprechen moorige Wiesen. Es ist nun bekannt, daß die Wiesenflora auf moorigem Gelände zu ihrem üppigen Gedeihen fast niemals der Stickstoffdüngung bedarf.

Remy hat berechnet, daß auf einem Boden, der im Durchschnitt 2 % Humus enthält, dem Azotobakter 6000 kg organische Substanz für den Hektar zur Verfügung stehen. Aus den Resultaten der Laboratoriumsversuche geht hervor, daß der Azotobakter, um 8 Teile Stickstoff zu binden, 1000 Teile organische Substanz verbraucht. Dementsprechend würden auf solchem Boden pro Hektar und Jahr 48 kg Stickstoff durch Bakterientätigkeit gesammelt werden können.

Wir wissen aus den Laboratoriumsarbeiten, daß der Azotobakter nur in solchen Kulturen gut gedeiht, denen eine genügende Luftmenge geboten wird. Anderseits finden sich größere Mengen von Azotobakter nur in gut durchlüftetem Boden. Die Wirkung der Brache mit ihrer infolge der intensiven Bearbeitung starken Bodenlüftung, scheint demnach wenigstens zum Teil auf der Begünstigung der Bakterientätigkeit zu beruhen. Gerlach und Vogel geben an, daß es ihnen gelungen sei, einen an sich stickstoffhungrigen Boden nur durch Umschaufeln während des Winters so an Stickstoff anzureichern, daß eine weitere Zufuhr von Stickstoffdünger wirkungslos, also überflüssig war.

Die ältesten Vorkehrungen der Landwirtschaft zur Erhöhung der Ernteerträge, die Brache und die Düngung mit dem (kohlenstoffreichen) Stallmist, finden so durch die Entdeckung der Stickstoff bindenden Bakterien eine Erklärung für ihre Wirkung.

Außer den Bakterien gibt es eine Algenart, deren Stickstoff bindende Eigenschaft allgemein anerkannt ist. Das sind die Zyanophyceen, mikroskopisch kleine, sich ungeschlechtlich durch Teilung fortpflanzende Spaltalgen, deren Grün sich von dem der anderen Algen unterscheidet und die deshalb auch als „blaugrüne" Algen bezeichnet werden. Diese Zyanophyceen beanspruchen dadurch ein besonderes Interesse, daß sie im Gegensatz zu den Stickstoff bindenden Bakterien auch ihren Kohlenstoffbedarf durch anorganisches Material, nämlich durch Kohlensäure, zu decken vermögen. Man hat deshalb die Vermutung ausgesprochen, daß die Zyanophyceen überhaupt die ersten pflanzlichen Organismen seien, die auf der erkalteten Erde gediehen und daß sie durch ihre Stickstoff bindende Tätigkeit den Boden für die weitere Entwicklung des Pflanzenreiches vorbereiteten. Auch jetzt scheinen sie noch eine ähnliche Rolle zu spielen. Als durch den Ausbruch des Krakatau alles pflanzliche Leben auf der Insel vollständig durch die Überdeckung mit glühender Asche vernichtet worden war, fand Traub schon drei Jahre später auf den Aschen eine starke Schicht von Zyanophyceen.

Die blaugrünen Algen findet man häufig zusammen mit Stickstoff bindenden Bakterien, denen sie wahrscheinlich als willkommene Kohlenstofflieferanten dienen. Es besteht zwischen ihnen eine Art Lebensgemeinschaft, eine Symbiose, die aber bei den Knöllchenbakterien, mit denen wir uns jetzt beschäftigen wollen, viel ausgesprochener und inniger ist.

Abb. 18. Leguminosenwurzel mit Knöllchen.

Es ist eine der ältesten landwirtschaftlichen Erfahrungen, daß ein Boden, auf dem Leguminosen, Erbsen, Bohnen, Klee usw. gewachsen sind, sich in einem anderen Zustande befindet als Boden, der Cerealien getragen hat. Das war bereits den alten Römern bekannt. Plinius gibt den Landwirten den Rat, nach Leguminosen nicht zu düngen, weil der Acker des Düngers nicht bedürfe. Später stellte man auf Grund stets wieder bestätigter Erfahrungen die Leguminosen als „bodenbereichernde" Pflanzen den Cerealien als „bodenzehrenden" gegenüber. Als dann im vorigen Jahrhundert die Chemie neue Grundlagen für die Landwirtschaft schuf, und man den Boden zu analysieren anfing, stellte sich bald heraus, daß jene Wirkung der Leguminosen auf ihrer Eigenschaft beruht, den Stickstoffgehalt des Ackers zu erhöhen. Nun unterschied man

die Leguminosen als „Stickstoffmehrer" von den Cerealien und Hackfrüchten als „Stickstoffzehrern". Hervorragende Praktiker, besonders der um die Landwirtschaft hochverdiente Landwirt Schultz auf Lupitz, haben durch lang ausgedehnte Versuche den Nachweis geführt, daß diese Unterscheidung zu Recht besteht. Schultz hat 15 Jahre ununterbrochen auf demselben Felde Lupinen gebaut, ohne anderen als stickstofffreien Mineraldünger zu verwenden und in einwandsfreier Weise gezeigt, daß der Stickstoffgehalt des Feldes während dieser Zeit beständig zunahm. Die Ursache dieser Erscheinung blieb lange Zeit verborgen. Die Vermutung, daß die Schmetterlingsblütler, zu denen die Leguminosen gehören, gegenüber anderen Pflanzen die Fähigkeit besitzen, atmosphärischen Stickstoff zu assimilieren, konnte der wissenschaftlichen Prüfung ebensowenig standhalten wie die Annahme, daß die tiefreichenden Wurzeln dieser Pflanzen den in tieferen Bodenschichten etwa vorhandenen Stickstoff zu erreichen vermöchten.

Es ist seit mehr als 200 Jahren bekannt, daß die Leguminosen an ihren Wurzeln eigentümliche Knöllchen tragen, deren Wesen und Bedeutung jedoch bis in die neueste Zeit verborgen geblieben sind. In der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts hat man angefangen, sich sehr eingehend mit diesen merkwürdigen Wucherungen an den Leguminosenwurzeln zu beschäftigen. Man entdeckte, daß die Zellen der Knöllchen mit zahlreichen Bakterien erfüllt sind und daß die Knöllchen an den Wurzeln von Leguminosen, die in sterilen Wasserkulturen gezogen werden, nur dann auftreten, wenn der Nährflüssigkeit zerschnittene Knöllchen zugemischt werden. Die chemische Analyse der Knöllchen hatte einen außerordentlich hohen Gehalt an Stickstoff ergeben, so daß man geneigt war, sie als Eiweißreservoire der Pflanzen anzusprechen. Erst 1886 gelang es Hellriegel durch seine in Gemeinschaft mit Willfahrt angestellten ausgezeichneten Untersuchungen, tieferen Aufschluß über diese geheimnisvollen Bildungen zu gewinnen. Hellriegel stellte fest, daß die Leguminosen sich hinsichtlich der Aufnahme ihrer Stickstoffnahrung von den Gramineen (zu denen die Cerealien gehören) grundsätzlich unterscheiden. Während die Gramineen ihren Stickstoffbedarf ausschließlich aus den im Boden vorhandenen Stickstoffverbindungen zu entnehmen vermögen und ihre Entwicklung direkt von der Größe dieser Stickstoffvorräte abhängig ist, steht den Leguminosen noch eine zweite Stickstoffquelle zur Verfügung, aus der sie ihren Bedarf an Stickstoff zu decken vermögen, wenn

die erste Quelle nicht genügt. Diese zweite Quelle ist der freie elementare Stickstoff der Atmosphäre. Den Leguminosen kommt aber nicht an sich die Fähigkeit zu, den freien Luftstickstoff zu assimilieren, sondern dazu ist unbedingt die Lebenstätigkeit von bestimmten Mikroorganismen erforderlich, die im Boden vorkommen und mit den Leguminosen in ein symbiontisches Verhältnis treten. Die Wurzelknöllchen sind keineswegs bloße Reservespeicher für Eiweißstoffe, sondern stehen mit der Assimilation des freien Stickstoffes in einem ursächlichen Verhältnis. Zwei Jahre später gelang es Beyerinck, den Mikroorganismus, der die Knöllchenbildung hervorruft, zu züchten, indem er als Nährboden eine Gelatine verwendete, die mit Hilfe einer Abkochung aus den Blättern von Schmetterlingsblütlern hergestellt war. Beyerinck bezeichnete den Knöllchenerreger als Bacillus radicicola.

Die Infektion der Leguminosenwurzeln mit den Knöllchenbakterien erfolgt in der Weise, daß sich Bakterienhaufen den Wurzelhaaren ansetzen und eine Substanz absondern, die die Wurzelhaut eigentümlich gallertartig verändert und den Bakterien ermöglicht, in die Wurzel selbst einzudringen. Die eingedrungenen Organismen üben einen Reiz auf die Wurzelzellen aus, so daß diese anfangen sich zu teilen und zu vermehren. Die Folge dieser lebhaften Zellvermehrung sind Anschwellungen, die die Knöllchen repräsentieren.

Es scheint nun eine ziemlich weitgehende Anpassung zwischen den verschiedenen Leguminosenarten und ihren Knöllchenbakterien stattzufinden. Während es z. B. möglich ist, an Wurzeln von Bohnen mit Bakterien, die von Erbsen stammen, Knöllchen zu erzeugen, sind dagegen Erbsenbakterien nicht imstande, in die Wurzeln von Lupinen einzudringen. Ebensowenig vermag man Bohnenwurzeln mit Rotkleebakterien zu infizieren. Es macht den Eindruck, als ob die von den Bakterien abgesonderte Substanz, die durch die erwähnte gallertartige Auflockerung der Wurzelhaut das Eindringen der Bakterien ermöglicht, für die verschiedenen Leguminosenarten eine spezifische Wirkung besitzt. Allerdings gelingt es, durch allmähliche Anpassung die Bakterien so zu beeinflussen, daß z. B. Kleebakterien die Fähigkeit erlangen, in Bohnenwurzeln einzudringen.

Um das Verhältnis der Bakterien zu ihren Wirtspflanzen richtig zu verstehen, darf man nicht übersehen, daß die Bakterien als Parasiten zu betrachten sind und daß beim ersten Eindringen derselben in den Organismus der Pflanzen sich dieser der Eindringlinge zu erwehren sucht. Erst allmählich und unter günstigen Bedingungen

tritt eine gegenseitige Anpassung, ein Ausgleich ein, indem die Pflanze den Bakterien die ihnen zur Ernährung notwendigen Kohlehydrate liefert und dagegen stickstoffhaltige Substanzen empfängt, die die Bakterien aus atmosphärischem Stickstoff gebildet haben. Lebt die Leguminose unter ungünstigen Bedingungen, fehlt z. B. dem Boden die entsprechende Menge von Mineralstoffen, so tritt der Parasitismus der Bakterien deutlich hervor: die Stickstoffsammlung unterbleibt, und die Bakterien ernähren sich ausschließlich auf Kosten ihrer Wirte. Besitzen anderseits die eingedrungenen Bakterien nicht die genügende Wirksamkeit, nicht genügende „Virulenz", wie man sich ausdrückt, so werden sie von den Pflanzenzellen resorbiert, die Wurzelanschwellungen sind nur ganz unbedeutend und verschwinden später vollständig.

Um eine Vorstellung davon zu geben, wie groß die Stickstoffmengen sind, die durch Leguminosen infolge ihrer Symbiose mit den Knöllchenbakterien aus dem Stickstoff der Luft gewonnen werden können, führe ich die Schätzung von Remy an. Danach werden in Deutschland 5 Millionen Hektar mit Leguminosen bebaut. Nimmt man an, daß die Pflanzen pro Hektar nur 100 kg Stickstoff enthalten (eine sehr niedrige Annahme), und daß von diesen 100 kg die Hälfte aus dem Stickstoffe der Luft stammt, so würde aus dem Anbau von Leguminosen für Deutschland ein jährlicher Gewinn von 250 000 Tonnen Stickstoff resultieren. Diese Menge entspricht dem Stickstoffgehalt von 1,5 Millionen Tonnen Salpeter, beträgt also etwa das Dreifache des jährlich in Deutschland zur Verwendung gelangenden Chilesalpeters.

Die Menge des Stickstoffes, die die Leguminosen aus dem Stickstoffvorrat der Luft aufnehmen, hängt außer von der mehr oder weniger üppigen Entwicklung der Knöllchen von dem Reichtum des Bodens an Stickstoff ab. Je ärmer der Boden an stickstoffhaltigen Substanzen ist, desto mehr Stickstoff wird aus der Luft aufgenommen. Auf stickstoffreichem Boden stellen die Knöllchenbakterien ihre stickstoffsammelnde Tätigkeit mehr oder weniger vollständig ein.

Werden Leguminosen auf einem Boden angebaut, der bisher keine Schmetterlingsblütler getragen hat, so entwickeln sich die Pflanzen nur sehr dürftig. Der Grund dafür liegt in dem geringen Gehalt des Bodens an Knöllchenbakterien, die freilebend offenbar nur schlecht fortkommen, indem sie von anderen Bakterien, deren Existenzbedingungen einfacher sind, verdrängt werden. Dementsprechend ist auch der Stickstoffgehalt dieser Leguminosenpioniere

ein ganz geringer. Von Jahr zu Jahr wird aber bei fortgesetztem Anbau einer Leguminosenart der Ertrag reichlicher. Die Knöllchenbakterien erhalten durch den Anbau der Leguminosen eine starke Unterstützung in ihrem Existenzkampf, so daß sie sich immer rascher vermehren und nun auch das Wachstum ihrer Wirtspflanzen in hohem Maße begünstigen.

Zwei Beispiele aus den Berichten der Lauchstädter Versuchswirtschaft mögen das belegen. Es wurden pro Hektar geerntet:

Serradella, Hauptfrucht 1907.

Ober- und unterirdische Masse.

Versuch a.	Frische Substanz dz	Trocken-Substanz dz	Stickstoff kg
Serradella 1. Jahr	151,6	29,0	52,0
" 3. "	461,2	70,7	217,0
Versuch b.			
Serradella nach Hafer . . .	284,8	42,7	85,0
" nach Bohnen . .	225,9	36,6	74,0
" nach Serradella .	490,2	71,5	229,0

Es wurde also auf der Parzelle, die im dritten Jahre Serradella trug, die dreifache Menge an Substanz mit der vierfachen Stickstoffmenge geerntet.

Auf neu kultivierten Bodenflächen befinden sich demnach die Leguminosen in ungünstiger Lage. Wenn auch durch fortgesetzten Anbau in wenigen Jahren die Leguminosen mit Hilfe ihrer Symbionten ohne weitere Unterstützung sich bessere Bedingungen schaffen und reichliche Ernten liefern, so ist es gewiß ein berechtigter Wunsch, gleich im ersten Jahre einen hohen Ertrag zu erzielen. Salfeld machte aus diesem Grunde den Versuch, Erbsen, die auf neu kultiviertem Moorboden angepflanzt wurden, dadurch gleich im ersten Jahre zu reicherer Entwicklung zu verhelfen, daß er Erde von einem Erbsenfelde, deren Pflanzen sich durch ihren besonderen Reichtum an Knöllchen auszeichneten, auf die Moorfläche bringen ließ. Er machte also den Versuch, die Moorerde mit Knöllchenbakterien zu infizieren, zu impfen. Der Erfolg war ein ganz ausgezeichneter. Trotzdem die Überführung der Erde ziemlich bedeutende Kosten verursacht hatte, war der Ernteertrag so groß, daß er die

Kosten weit überwog. Da aber bei Wiederholung dieses Versuches die Resultate nicht immer den Erwartungen entsprachen, zuweilen sogar überhaupt keine Wirkung durch die Impfung konstatiert werden konnte und, wie schon gesagt, der Transport der für die Impfung erforderlichen Erdmengen und das Ausstreuen derselben auf den Feldern recht kostspielig waren, so kam man auf den Gedanken, an Stelle von Erde im Laboratorium gezüchtete Reinkulturen von Knöllchenbakterien für die Impfung zu verwenden. Da auch hiermit die ersten Versuche erfolgreich waren, so brachten Nobbe und Hiltner durch die Höchster Farbwerke Reinkulturen der den verschiedenen Leguminosenarten angepaßten Knöllchenbakterien in den Handel. Die mit diesem als „Nitragin" bezeichneten Impfstoff sehr zahlreich angestellten Versuche ergaben aber keineswegs einen gleichmäßigen oder sicheren Erfolg. Wenn auch hin und wieder eine besonders reichliche Ernte durch das Nitragin erzielt werden konnte, so waren vollständige Enttäuschungen weitaus in der Überzahl. Die natürliche Folge war, daß das Nitragin wieder vom Markte verschwand. Hiltner sah den Grund des Mißerfolges in der zu geringen „Virulenz" seiner Reinkulturen. Eine Steigerung ihrer Virulenz besserte zwar die Erfolge, aber nicht in zufriedenstellender Weise. Schließlich stellte sich heraus, daß der Erfolg wesentlich von der Methode der Impfung abhängig ist. Diese geschieht in der Weise, daß die Samen vor der Aussaat mit einer Bakterienaufschwemmung behandelt werden. Während des Quellens der Samen in Wasser scheiden diese Stoffe aus, die eine Schädigung der Bakterien bedingen. Diese schädigende Wirkung nimmt zwar mit der fortschreitenden Keimung der Samen ab, genügt aber, um die Infektionsfähigkeit der Knöllchenbakterien herabzusetzen oder auch ganz aufzuheben. Die Impfung nach erfolgter Keimung ist aber praktisch undurchführbar. Hiltner und Störmer fanden, daß Milch die schädigende Wirkung der Quellstoffe herabsetzt und daß ein Zusatz von Pepton und Traubenzucker den schützenden Einfluß der Milch sehr wesentlich erhöht. Man verfährt deshalb nach den Angaben von Hiltner in der Praxis so, daß man der Aufschwemmung der Bakterien in Wasser oder besser in frischer Milch Pepton und Traubenzucker, die in den erforderlichen Mengen jeder Bakterienkultur von der Fabrik beigegeben werden, zusetzt. Die nach dieser Vorschrift ausgeführten Impfversuche führten zu guten Resultaten, so daß die Zahl der Landwirte, die sich der Reinkulturen bedienen, beständig zunimmt. Ganz

besonders scheint Serradella dafür geeignet zu sein. Setzt man den Ertrag der ungeimpften Parzelle gleich 100, so ergab die Impfung einen Mehrertrag bis 8000."

Remy berechnet, daß, wenn es gelingen würde, auf den 5 Millionen Hektar, die in Deutschland mit Leguminosen bestanden sind, pro Jahr und Hektar 10 kg Stickstoff mehr zu ernten, was nach den bisherigen Erfolgen durchaus möglich erscheint, so würde das einen jährlichen Mehrgewinn von 50 Millionen Kilogramm Stickstoff im Werte von 60 Millionen Mark ergeben.

Siebentes Kapitel.

Wirtschaftliches.

Legen wir uns jetzt die Frage vor, ob die uns heute zur Verfügung stehenden Methoden der Stickstoffbindung geeignet sind, der durch die Erschöpfung der Salpeterlager drohenden Gefahr mit Erfolg zu begegnen, so können wir diese Frage nicht ohne weiteres mit ja oder nein beantworten. Man sollte meinen, daß nach dem, was wir über die Stickstoffbakterien haben mitteilen können, bei rationeller Kultur von Leguminosen und zweckmäßiger Verwertung ihrer stickstoffsammelnden Symbionten eine Zufuhr von stickstoffhaltigen Nährsalzen überhaupt entbehrt werden könnte. Daß diese Annahme trotz der durchaus einwandfreien Berechnungen von Remy falsch ist, weist schon darauf hin, daß noch andere Faktoren für die Beurteilung der bisher erzielten Erfolge berücksichtigt werden müssen.

Was zunächst die Verwertung des durch die Leguminosen gesammelten Stickstoffes betrifft, so steht fest, daß bei günstigem Klima und geeignetem Boden einzelne Wirtschaften durch den Leguminosenstickstoff tatsächlich von der Zufuhr von Stickstoffdünger unabhängig werden können. Die Verwendung der Leguminosen zu Düngungszwecken geschieht in der Weise, daß die voll entwickelten Pflanzen untergepflügt und ihr gesamter Eiweißgehalt als „Gründüngung" dem Boden einverleibt wird. Auf dem an Stickstoff angereicherten Boden werden dann solche Feldfrüchte, Cerealien, Hackfrüchte angepflanzt, die für ihre Ernährung auf den Stickstoffgehalt des Bodens angewiesen sind. In Gegenden mit kurzem Sommer, kaltem Frühjahr und Herbst wie z. B. im Nordosten Deutschlands,

der außerdem noch unter ungünstiger Verteilung der Niederschläge — extreme Dürre wechselt mit übermäßiger Nässe — zu leiden hat, brauchen die an und für sich schnell wachsenden Leguminosen trotzdem den ganzen Sommer zu ihrer Entwicklung. Die Gründüngung muß unter diesen Umständen mit dem Ertrage einer vollen Jahresernte erkauft werden. Das ist natürlich nur auf sehr minderwertigem Boden, der anders nicht zu verwerten ist, und bei sehr niedrigen Bodenpreisen möglich. Bei langdauerndem Sommer und warmem Herbste, wie in Süddeutschland, wird unmittelbar nach der Ernte der Halmfrüchte die Leguminosensaat auf die Stoppelfelder gebracht. Noch während des Herbstes können sich die Pflanzen voll entwickeln und im Spätherbst untergepflügt werden, so daß der Boden für die nachfolgende Frucht, Wintergetreide, Sommergetreide oder Hackfrüchte in ausgezeichneter Weise vorbereitet ist.

Die Ausbildung dieser Gründüngungssysteme oder anderer, bei denen Halmfrüchte, z. B. Roggen gleichzeitig mit Leguminosen ausgesät werden, ist zweifellos von großer volkswirtschaftlicher Bedeutung, da für manche Gegenden Deutschlands erst dadurch nutzbringender Ackerbau möglich gemacht und für viele eine hohe Kultur erzielt werden konnte. Da aber die Aufnahme und Ansammlung von Luftstickstoff durch die Leguminosen nur auf solchem Boden in beträchtlichem Umfange vor sich geht, der an und für sich arm an Stickstoff ist, so kann der Anbau der Leguminosen für Gründüngungszwecke nur auf leichtem Boden, besonders leichtem Sandboden, mit Erfolg betrieben werden. Auf besseren, schwereren Böden ist der auf diese Weise zu erzielende Stickstoffgewinn ein sehr geringer.

Aus diesen die Gründüngung mit Leguminosen einschränkenden Umständen folgt, daß an einen Ersatz des Salpeters in vollem Umfange durch die Tätigkeit der Knöllchenbakterien nicht im entferntesten gedacht werden kann. Noch viel weniger sind dazu die freilebenden Stickstoffbakterien geeignet. Wenn auch kaum noch daran gezweifelt werden kann, daß besonders die Azotobakterarten den Reichtum unserer Felder an gebundenem Stickstoff vermehren, und nach den neuesten Forschungen durch elektrische Beeinflussung des Bodens diese Bakterien zu verstärkter Tätigkeit angeregt werden können, so ist doch die Stickstoffbindung durch sie viel zu geringfügig und zu unsicher, um den Salpeter entbehrlich zu machen.

Wenden wir uns jetzt den stickstoffhaltigen Produkten zu, die auf technischem Wege aus dem Stickstoff der Luft gewonnen werden,

so hängt ihre wirtschaftliche Bedeutung einmal von dem Preise ab, zu dem sie auf den Markt gebracht werden können und von der Menge, die durch die heute zur Verfügung stehenden Verfahren herstellbar ist. Wenn die natürlichen Salpeterlager so unerschöpflich wären wie der Stickstoffvorrat der Luft, die Kosten der Gewinnung und des Transportes aber den Marktpreis des Salpeters über eine gewisse Grenze erhöhen würden, so würde der Salpeter für die Landwirtschaft wertlos werden, weil der durch die Salpeterdüngung erzielte Mehrertrag der Ernte die Kosten der Düngung nicht mehr genügend zu decken vermöchte. Schon durch die Steigerung der Salpeterpreise der letzten Jahre, die seit 1902 33 % beträgt und nach Angabe der chilenischen Salpeterproduzenten durch die Erhöhung der Kohlenpreise und der Arbeitslöhne bedingt sein soll, waren Bedenken in dieser Beziehung laut geworden. Für den gegenwärtigen Preis von 1,42 M. für das Kilo Stickstoff im Salpeter sind nach den Untersuchungen von Wagner und von Weitz diese Befürchtungen allerdings noch nicht berechtigt, aber der Preis ist von der Grenze nicht mehr weit entfernt.

Wenn auch der Stickstoffvorrat der Luft als praktisch unerschöpflich ist, so sind es die Kräfte, die in den Dienst der Stickstoffbindung gestellt werden können, keineswegs.

Wir wollen diese Fragen für den Kalksalpeter und den Kalkstickstoff getrennt untersuchen. Die Wirksamkeit des Kalksalpeters als Düngemittel ist nach den angestellten Untersuchungen dem Chilesalpeter durchaus gleichwertig, auf kalkarmen Sandböden scheint er ihm sogar überlegen zu sein. Tabak, der auf Feldern gewachsen ist, deren Boden Kochsalz oder andere Chlorsalze enthält, ist minderwertig, da er beim Rauchen mehr oder weniger stark kohlt. Da der Chilesalpeter 2—3 % Kochsalz enthält, so kann er zum Düngen von Tabakfeldern keine Verwendung finden; die Tabakbauer sind gezwungen, chlorfreie Düngemittel zu benützen und bedienen sich deshalb fast ausschließlich des Guanos. Da der Salpeterkalk keine Chlorsalze enthält, so wird er mit Vorteil an die Stelle des Guanos zur Düngung der Tabakfelder treten können. Ein gewisser Nachteil des Kalksalpeters beruht auf seiner Eigenschaft, Wasser aus der Luft anzuziehen. Wir haben schon erwähnt, daß man zur Beseitigung oder Verminderung dieses Übelstandes dem Kalksalpeter eine bestimmte Menge Kalk beimischt und dieses außerdem noch umgeschmolzene und gekörnte Produkt als Salpeterkalk für Düngungszwecke in den Handel bringt. Es scheint, daß dieser Gehalt des

Salpeterkalkes an freiem Ätzkalk seine Anwendbarkeit beschränkt. Zwei Drittel des gesamten in der Landwirtschaft verbrauchten Chilesalpeters werden als „Kopfdünger" gegeben, d. h. der Salpeter wird erst ausgestreut, wenn die Entwickelung der Pflanzen schon bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten ist. Das hat für den Landwirt den Vorteil, daß er die Salpetergabe dem Bedürfnisse der Pflanzen besser anpassen kann. Es ist nun die Besorgnis ausgesprochen worden, daß der freie Ätzkalk des Salpeterkalkes die jungen Pflänzchen zu schädigen vermag, so daß die Anwendung des Salpeterkalkes als Kopfdünger eine Gefahr enthält, über deren Größe und Bedeutung ausgedehnte Feldversuche noch Aufklärung schaffen müssen.

Der Preis des aus dem Luftstickstoff gewonnenen Salpeters ist in erster Linie abhängig von den Kosten der elektrischen Kraft, die für die Fabrikation erforderlich ist. Billige Wasserkräfte sind auch die billigste Elektrizitätsquelle. Wir sehen deshalb auch, daß sich die Salpeterfabrikation in Norwegen konzentriert, das sich durch seine gewaltigen Wasserfälle vor allen Ländern auszeichnet. Nach den Angaben von Birkeland betragen die Herstellungskosten für eine Tonne Kalksalpeter mit 13,2 % Stickstoff 80 M. Das Kilo Stickstoff kostet demnach rund 60 Pf. Da das Kilo Stickstoff im Chilesalpeter mit 1,40—1,30 M. bezahlt wird, so dürfen wir annehmen, daß selbst, wenn die Herstellungskosten des Kalksalpeters durch Steigerung der Arbeitslöhne und anderer Faktoren eine Erhöhung erfahren sollten, das norwegische Produkt in bezug auf den Preis — Verpackungs- und Frachtkosten dürfen nicht übersehen werden — imstande ist, einen Ersatz für den Chilesalpeter zu bieten.

Eine andere Frage aber ist es, ob die vorhandenen und für die Salpetererzeugung verfügbaren Wasserkräfte ausreichend sind, um den Weltbedarf an Salpeter zu decken.

Die Ausbeute pro Pferdekraft und Jahr beträgt bei den beiden in Norwegen angewandten Verfahren durchschnittlich 400 kg Salpetersäure (HNO_3), die rund gerechnet 89 kg Stickstoff enthalten. In Salpeterkalk mit 13 % übergeführt, entspricht diese Ausbeute, wieder nach oben abgerundet, 690 kg. Mit einer Kraft von 100 000 Pferdestärken lassen sich demnach auf Grund dieser Annahmen 69 000 Tonnen Salpeterkalk herstellen. Bei diesen Berechnungen darf aber nicht übersehen werden, daß, um 100 000 PS tatsächlich dem reinen Fabrikationsprozeß zuzuführen, die elektrischen An-

lagen erheblich größer sein müssen. Einmal geht durch die Leitung und eventuelle Transformierung des elektrischen Stromes ein Teil der Kraft verloren, der erfahrungsgemäß mit 10 % veranschlagt werden muß. Ferner wird ein Teil der aus der Wasserkraft gewonnenen elektrischen Energie in einer großen Betriebsanlage auch für andere Zwecke verwendet. Bei der Salpetersäurefabrikation werden beständig gewaltige Luft- und Flüssigkeitsmengen in Bewegung gesetzt, wofür elektrische Kraft verbraucht wird; auch die mit der Fabrik verbundenen mechanischen Werkstätten werden aus der allgemeinen Kraftquelle versorgt werden. Für diese mechanischen Leistungen wird man etwa 15 % der Kraft in Rechnung stellen müssen. Wenn wir annehmen, daß 75 % der aus der Wasserkraft überhaupt erzeugbaren elektrischen Energie in den Flammen der Salpeteröfen verzehrt werden, so ist das sicher eine noch zu günstige Annahme, da Störungen im Betriebe, notwendige Reparaturen, Verminderung der Wasserfälle in den Herbst- und Wintermonaten dabei noch nicht berücksichtigt sind.

Die Fabrikation von Salpetersäure nach dem Verfahren von Birkeland-Eyde hat in Norwegen bereits einen bedeutenden Umfang angenommen. Im Jahre 1903 haben die Laboratoriumsversuche begonnen und noch in demselben Jahre bildete sich die Norsk Hydroelektrisk Kvaelstof-Aktieselskab, die in Trognerkilen bei Christiania Versuchsöfen mit 10—20 PS aufstellte. Diese Anlage und eine etwas größere in Ankerlökken genügten sehr bald den Ansprüchen nicht mehr, und es wurden deshalb fast gleichzeitig eine Versuchsanlage in Vasmoen mit 1200 PS und eine größere Fabrik in Notodden in Telemarken errichtet. Die letztere, die 1905 den Betrieb aufnahm, konnte 1907 schon 2000 kg in 24 Stunden herstellen. Der Tinfos bei Notodden liefert 20 000 PS, der Svälgefos, 4 km oberhalb von Notodden, wird 47 000 PS in den Dienst der Salpetersäurefabrikation stellen. Die Badische Anilin- und Sodafabrik, die in Fiskaa bei Christianssand zunächst nur eine Anlage mit einigen Tausend Pferdekräften errichtet hatte, und die mit ihr in Interessengemeinschaft stehenden Firmen, die Farbenfabriken vorm. Friedr. Bayer & Co. in Elberfeld und die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin, vereinigten sich mit der von Birkeland-Eyde gebildeten norwegisch-französischen Gesellschaft zur Bildung von zwei norwegischen Gesellschaften, einer Kraftgesellschaft mit einem Aktienkapital von 16 000 000 Kronen und den Norske Salpeterverker mit einem Kapital von 18 000 000 Kronen. Die erstere hat den

Ausbau und die Ausnützung weiterer norwegischer Wasserkräfte zum Ziel, während die andere Gesellschaft den Bau und Betrieb von norwegischen Fabriken zur Salpetergewinnung mittels der von der ersteren erzeugten Elektrizität sich zur Aufgabe stellt.

„Die erste große Fabrik dieser Unternehmen wird im Inneren Telemarkens am Rykan, einem jener mächtigen norwegischen Wasserfälle, errichtet. Dieser vermag mit 560 m Gefälle in zwei Stufen 50 cbm Wasser in der Sekunde, d. i. etwa 250 000 PS zu liefern, und es ist zunächst die obere Stufe behufs Gewinnung von etwa 140 000 PS (10 Turbinen mit 14 000 PS) im Ausbau begriffen." Diese Fabrik soll in zwei Jahren in Betrieb kommen. Eine neugebaute normalspurige Bahn von 46 km Länge und eine Fährverbindung über den 40 km langen Tin-See werden den Salpeter nach Notodden und von dort über Skien seewärts führen.

Professor Bernthsen, einer der Direktoren der Badischen Anilin- und Sodafabrik, dessen Vortrage in London auf dem Internationalen Kongreß für angewandte Chemie die eben mitgeteilten Angaben entnommen sind, gibt an, daß es nur wenige Jahre dauern würde, daß die Gesamtanlagen der beiden Gesellschaften 100 000 t Salpeterkalk auf den Markt bringen könnten. Dieses an sich sehr ansehnliche Quantum bedeutet dem Weltkonsum gegenüber nur sehr wenig, da der Weltbedarf an Salpeter nach zwei Jahren auch schon wiederum um mindestens 100 000 t gegenüber dem heutigen gestiegen sein wird.

Um den gegenwärtigen Bedarf Deutschlands an Salpeter nach den beiden norwegischen Verfahren aus dem Stickstoff der Luft herzustellen, wären Anlagen erforderlich, die mehr als eine Million elektrische Pferdekräfte zu erzeugen vermöchten. Der vollständige Ersatz des Chilesalpeters würde also viele Millionen Pferdekräfte in Anspruch nehmen. Nun werden freilich die gesamten Wasserkräfte Norwegens auf 7,7 Millionen Pferdekräfte geschätzt, dann folgen Schweden mit 6,7 Millionen, Österreich-Ungarn mit 6,4, Frankreich mit 5,8, Italien mit 5,5, die Schweiz mit 1,5, Deutschland mit 1,4 und England mit 0,9 Millionen Pferdekräften. Man könnte aus diesen Angaben schließen, daß allein in Europa genügend Wasserkräfte vorhanden sind, selbst wenn ein beträchtlicher Teil derselben für andere Zwecke, für die Elektrifizierung der Eisenbahnen, für Beleuchtung, Stahlfabrikation usw. abgegeben werden muß, um nicht nur den gegenwärtigen Weltkonsum zu decken, sondern auch dem immer schneller wachsenden Bedarfe zu genügen.

Die Verwertung dieser Wasserkräfte für die Bindung des Luftstickstoffes ist aber von dem Preise abhängig, zu dem die elektrische Energie aus ihm gewonnen werden kann. Bei den enormen Schwierigkeiten, die unter Umständen dem Ausbau einer Wasserkraft entgegenstehen, ist es schon fraglich, ob nicht selbst in Norwegen, wo jetzt die elektrische Pferdekraft für den überaus billigen Preis von 15—20 M. erzeugt wird, die Inangriffnahme anderer nicht so günstig gelegener und gestalteter Wasserkräfte zu wesentlich höheren Preisen führen würde. In Österreich-Ungarn und der Schweiz wird man mit 40 M. für das Pferdekraftjahr rechnen müssen und am Niagarafall in Nordamerika kostet es 80 M.

Nimmt man an, daß von den 60 Pf., die jetzt die Gewinnung von 1 kg gebundenem Stickstoff in Norwegen kostet, 20 Pf. auf die Kraft entfallen, was wohl im allgemeinen zutreffend sein wird, so würden bei einem Preise von 40 M. für das Pferdekraftjahr die Gestehungskosten für 1 kg Stickstoff 80 Pf. betragen, und bei 80 M. wie am Niagara bereits 1,20 M. Selbstkosten für das Kilogramm Stickstoff in gebundener Form erreicht werden. Man sieht, wie schnell sich die Herstellungskosten der Grenze nähern, wo die Rentabilität sehr zweifelhaft wird. Dabei sind die billigen Arbeitslöhne angenommen, wie sie heute in Norwegen gezahlt werden.

Außer billigen Wasserkräften kommen noch andere Elektrizitätsquellen in Betracht. Die aus den Hochöfen abströmenden Gichtgase können zum Betriebe von Motoren benützt und auf diese Weise für die Erzeugung von Elektrizität verwendet werden, deren Kosten nicht viel höher sind als die aus billigen Wasserkräften gewonnene. Solche Gichtgasanlagen sind in den großen deutschen Industriebezirken, Oberschlesien und Rheinland-Westfalen, bereits in bedeutendem Umfange vorhanden und dienen großen Elektrizitätszentralen als Kraftquelle. Bei vollständiger Ausnützung dieser Gichtgase würden vielleicht noch einige hunderttausend Pferdekräfte zu genügend billigen Preisen disponibel sein.

Ferner läßt sich mit Generatorgas und Mineralölmotoren in großen Anlagen die elektrische Pferdekraft mit 60 M. gewinnen. Für die bisher erzielten Ausbeuten des Luftverbrennungsverfahrens wäre dieser Preis freilich schon zu hoch.

Alle diese Überlegungen und Berechnungen führen zu dem Schlusse, daß die Luftverbrennungsverfahren von Birkeland-Eyde und Schönherr, so bedeutend und anerkennenswert die errungenen Fortschritte auch sind, noch nicht als endgültige Lösung des Stick-

stoffproblems in dem Sinne angesehen werden können, daß sie bei dem Versiegen der Salpeterlager Chiles ausreichenden Ersatz schaffen könnten. Freilich ist die ganze Industrie noch sehr jung. Das, was in wenigen Jahren erreicht worden ist, läßt uns hoffen, daß es den hochverdienten Männern gelingen wird, ihre Methode so zu verbessern, daß die erzielten Ausbeuten auch unter weniger günstigen Umständen die Fabrikation möglich machen.

Für den Kalkstickstoff liegen die Verhältnisse sehr wesentlich anders. Ursprünglich sollte das von Frank und Caro hergestellte Produkt dazu dienen, um durch Umschmelzen mit Soda oder Kochsalz das für die Goldgewinnung unentbehrliche, im Preise sehr hoch stehende Zyannatrium daraus zu gewinnen. Dieses wird jetzt in großer Reinheit und mit verhältnismäßig geringen Kosten auf andere Weise hergestellt. Für die Verwertbarkeit des an Karbid gebundenen Stickstoffes war es daher von größter Bedeutung, daß Frank, wie wir schon kurz erwähnten, die Eigenschaft des Kalkstickstoffes entdeckte, unmittelbar als Stickstoffdünger zu wirken. Diese Fähigkeit des Kalkstickstoffes beruht darauf, daß es durch die Einwirkung von Wasser gespalten wird und dabei seinen Stickstoff in der Form von Ammoniak abgibt. Schnell und vollständig geschieht diese Zersetzung durch die Behandlung des Kalkstickstoffes mit überhitzten Wasserdämpfen. Wird das in Gasform entweichende Ammoniak in konzentrierter Schwefelsäure aufgefangen, so entsteht Ammoniumsulfat, das schon seit Jahren in großen Mengen als Stickstoffdünger auf unsern Feldern verwendet wird. Diese Zersetzung des Kalkstickstoffes findet aber auch im Erdboden statt. Hier verläuft aber der Prozeß nicht so schnell, was für die Verwendung des Kalkstickstoffes als Dünger nur vorteilhaft ist, aber es wird durch das Bodenwasser neben Ammoniak auch Zyanamid ($CNNH_2$) gebildet, das die Entwickelung der jungen Pflanzen beeinträchtigt. Diese Giftwirkung des Zyanamids kann aber nur in solchen Böden in die Erscheinung treten, die eine geringe Absorptionskraft besitzen; in gut absorbierenden, tonreichen Böden wird das Zyanamid, wahrscheinlich durch die Tätigkeit von Bakterien, sehr schnell durch Oxydation und Wasserbildung gespalten und sein Stickstoff in kohlensaures Ammoniak übergeführt. Wird der Kalkstickstoff dem Boden nur aufgestreut, so daß die Spaltung an der Oberfläche vor sich geht, so entsteht leicht durch Aneinanderkettung von zwei Zyanamidmolekülen ein sogenanntes Polymerisationsprodukt des Zyanamides, das Dizyandiamid, das von den zersetzenden Kräften des Bodens

weniger leicht angegriffen wird und eine entschieden giftige Wirkung auf die Pflanzen ausübt. Der Kalkstickstoff muß deshalb nach dem Ausstreuen untergepflügt werden und kann als Kopfdünger keine Verwendung finden. Der Kalkstickstoff (oder Stickstofffkalk, so wird das nach dem Verfahren von Polzeniusz unter Zusatz von Chlorkalzium hergestellte Produkt genannt) ist also nicht für jeden Boden geeignet. Auf leichten Sandböden versagt er ganz und auch für an Humussäuren reichen Moorböden und Wiesen soll sich seine Anwendung verbieten. Für Halmfrüchte und Kartoffeln scheint der Kalkstickstoff geeigneter zu sein als für Rüben. Die Urteile der Landwirte über dieses neue Düngemittel gehen noch weit auseinander. Diese Unsicherheit mag zum Teil darauf beruhen, daß die Erfahrungen noch nicht genügend groß sind, um unter allen Umständen die Methoden der Anwendung des Kalkstickstoffes richtig angeben zu können. Gewisse Schwierigkeiten bietet seine Anwendung dadurch, daß es als feines, stark stäubendes Pulver auf den Markt kommt, das einen durchdringenden, höchst unangenehmen Geruch besitzt. Doch soll der Geruch durch Verwendung besserer Ausgangsmaterialien und auch durch ein besonderes Verfahren gemildert werden können.

Bezeichnet man die Wirkung des Salpeters mit 100, so beträgt nach den Ergebnissen der Feldversuche der Wirkungsgrad des Kalkstickstoffes unter den günstigsten Verhältnissen nur 79. Der Stickstoff hat also in dieser Form einen um mehr als 20 % geringeren Wert als im Salpeter, steht also in dieser Beziehung auf ungefähr derselben Stufe mit dem Ammoniumsulfat. Beträgt der Marktpreis für das Kilo Stickstoff 1,40 M., so darf er im Kalkstickstoff höchstens mit 1,12 M. bewertet werden. Was die Herstellungskosten des Kalkstickstoffes betrifft, so sind diese natürlich in erster Linie von den Kosten der Ausgangsmaterialien, also von den Preisen für Kalziumkarbid und reinem Stickstoff abhängig. Da die Herstellung von Karbid nur mit Hilfe elektrischer Energie möglich ist, so handelt es sich bei der Fabrikation des Kalkstickstoffes ebenso wie bei der Luftverbrennung um billige Elektrizitätsquellen. Nach den oben erwähnten Angaben von Caro sind für die Erzeugung von einer Tonne gebundenen Stickstoff in Form von Kalkstickstoff alles in allem nur drei Pferdekraftjahre notwendig, während die Bindung derselben Menge Stickstoff nach dem Luftverbrennungsverfahren mehr als elf Pferdekraftjahre erfordert. Die Kalkstickstoffabriken sind daher nicht auf die allerbilligsten Kraftquellen angewiesen, sondern dürfen 40—50 M.

und mehr für die Jahrespferdekraft bezahlen, ohne dadurch den Preis für ihr Produkt über die zulässige Grenze zu treiben. Die Selbstkosten sollen bei mittleren Kalk- und Kohlenpreisen und nicht zu hohen Arbeitslöhnen für 1 kg Stickstoff so niedrig sein, daß selbst, wenn der Preis des chilenischen Salpeterstickstoffes auf den niedrigsten noch möglichen Preis (1,08 M.) fiele, die Kalkstickstoffabriken noch mit Nutzen arbeiten könnten.

Über die Entwickelung der Kalkstickstoffgewinnung macht Frank folgende Angaben: „Es wurde im Jahre 1904 unter Beteiligung der alten deutschen Gesellschaft in Rom die Società Generale per la Cianamide gebildet, welche sämtliche Patente und Verfahren zur Darstellung von Kalziumzyanamid und dessen Derivaten erwarb. Die Società Generale hat dann die Patente für Italien und Österreich-Ungarn an die Società Italiana per la Fabbricazione di Prodotti Azotati abgegeben, welch letztere bereits eine große Fabrik in Piano d'Orta an der Pescara, ganz in der Nähe des Adriatischen Meeres, in Betrieb gesetzt, und nachdem sich das Verfahren dort in allen Punkten, sowohl betreffend Darstellung wie Anwendung des Produktes bewährte, bereits im ersten Geschäftsjahre eine bedeutende Vergrößerung des Betriebes auf 10 000 t Jahresproduktion in Angriff genommen hat, wie auch von ihr die Errichtung großer Fabrikanlagen in Sebenico an der österreichischen und in Fiume an der ungarischen Küste des Adriatischen Meeres durchgeführt wird. Eine gewaltige Wasserkraft von 55 000 PS ist noch in Almissa (Dalmatien) erworben, welche nach vollständigem Ausbau der Fabrik imstande sein soll, jährlich eine Million Doppelzentner Kalkstickstoff zu produzieren.

Die Etablierung einer weiteren Anzahl von Fabriken ist durch Gesellschaften in die Hand genommen, welche von der Società Generale mehrere Patente erworben haben, so in Frankreich von der Société Française des Produits Azotés bei Notre Dame de Besançon, von der Société Suisse bei Martigny und von der in London domizilierenden Northwestern Cyanamide Company bei Odde in Norwegen. Auch für die Vereinigten Staaten von Nordamerika wird jetzt über die Errichtung einer großen Fabrikanlage, für welche Wasserkräfte von 40 000 PS bereits gesichert sind, unterhandelt. Was Deutschland betrifft, so ist eine kleinere Anlage in der Nähe von Bromberg im Bau und für eine zweite von 10 000 PS sind in Süddeutschland die Verhandlungen abgeschlossen."

Seitdem haben im Jahre 1907 die Cyanidgesellschaft in Berlin und die Società Generale in Rom eine neue Gesellschaft, die Stickstoffwerke in Berlin gegründet, die in der Nähe von Spandau eine große Fabrik errichtet.

Ferner hat die nach den Patenten von Polzeniusz arbeitende Gesellschaft für Stickstoffdünger in Westeregeln bei Magdeburg eine Fabrik errichtet, die im Jahre 1907 bereits 4000 t Stickstoffkalk erzeugte. Dieselbe Gesellschaft hat eine zweite größere Fabrik in der Nähe von Köln in Knapsack errichtet, die bereits in Betrieb gesetzt ist und 8000—10 000 t pro Jahr erzeugen soll.

Dem gegenwärtigen Konsum an Chilesalpeter von 2½ Millionen Tonnen würden 2 Millionen Tonnen Kalkstickstoff mit 20 % Stickstoff entsprechen, für deren Herstellung 1 200 000 PS erforderlich wären. Eine solche Produktion liegt durchaus in den Grenzen der Möglichkeit, so daß ein Ersatz des Chilesalpeters durch Kalkstickstoff möglich wäre, wenn der Salpeter überhaupt durch jenen ersetzt werden könnte. Wie bereits hervorgehoben wurde, ist der Kalkstickstoff nicht für jeden Boden geeignet und darf nicht als Kopfdünger gegeben werden, während zwei Drittel des gesamten Chilesalpeters, der der Landwirtschaft zugeführt wird, als Kopfdünger Verwendung findet. Nun könnte man zwar aus dem Kalkstickstoff Ammoniak herstellen und dieses durch Oxydation in Salpetersäure überführen, doch würde der auf diesem Umwege gewonnene Kalksalpeter einen zu hohen Preis bedingen, um die Fabrikation als durchführbar erscheinen zu lassen.

Es mag noch bemerkt werden, daß der Kalkstickstoff auch noch für andere Zwecke Verwendung gefunden hat. Wird der Kalkstickstoff mit warmem Wasser ausgelaugt und die filtrierte klare und farblose Lauge abgekühlt, so kristallisiert ein weißes Salz aus, das 66,67 % Stickstoff enthält und das schon erwähnte Dizyandiamid darstellt. Das Dizyandiamid und seine Salze haben nach den Angaben Franks als Zusatz bei Explosivstoffen und Schießpulver Beachtung gefunden. Der hohe Gehalt der Substanz an Stickstoff gibt bei der Verbrennung im Geschütz starke Drucke, während es abweichend von den mehr Kohlenstoff und Wasserstoff enthaltenden anderen Bestandteilen der Explosivstoffe bei seiner Zerlegung nur geringe Wärme erzeugt. Es ist dies namentlich bei Geschützpulver, wie z. B. Cordit und Filit, die durch ihre hohe Verbrennungstemperatur die Züge des Rohres rasch zerstören, von großer Bedeutung. Bei mancher Pulvermischung zeigt sich die kühlende Wirkung des Dizyan-

diamides durch das Verschwinden des Mündungsfeuers, so daß also beim Schuß mit dem Pulverrauch auch der Pulverblitz beseitigt ist. Vom Geschütz zum Stahl ist nur ein kleiner Schritt. Die seit langem bei Schlossern und Schmieden übliche Anwendung des gelben Blutlaugensalzes zum Härten und Verstählen von Eisen brachte Frank und gleichzeitig auch den Chemiker der bekannten Waffen- und Maschinenfabrik von Ludwig Löwe & Co. in Berlin auf den Gedanken, die Brauchbarkeit des rohen Kalziumzyanamides, welches ja ebenfalls (wie das gelbe Blutlaugensalz) eine Verbindung von Kohlenstoff und Stickstoff enthält, für den gleichen Zweck zu versuchen. Mehrfache Proben, die daraufhin gemacht wurden, lieferten sowohl für Werkzeugstahle und Gesteinsbohrer wie für Maschinenteile und Panzerplatten so vorzügliche Resultate, daß dieses neue unter dem Namen „Ferrodur" in den Verkehr gebrachte Härtemittel sowohl für die Feinmechanik wie für die große Maschinenindustrie bereits eine ausgedehnte Verwendung gefunden hat.

Ferner kann das Zyanamid für die Herstellung vieler wertvoller organischer Substanzen mit Vorteil benutzt werden, so hat z. B. Caro ein Verfahren ausgearbeitet, um durch Einwirkung von Dialkalizyanamid auf Phenylglyzin künstlichen Indigo herzustellen.

So hat die für die Mitte dieses Jahrhunderts drohende Gefahr des Versiegens der chilenischen Salpeterlager in einem anderen Sinne als durch lenkbare Luftschiffe und Flugmaschinen zu einer Eroberung der Luft geführt, die durch Abwendung einer ungeheuren Gefahr den Menschen zu unendlichem Segen gereichen wird.

Sachregister.

A

Abkühlung, Einfluß auf die Ausbeute an Stickoxyden 44
Absorption, Chemische Vorgänge bei der Absorption der Stickoxyde 53
Absorptionstürme 53ff.
Absorptionsverfahren der Badischen Anilin- und Sodafabrik 55
Aerobe und anaerobe Stickstoffbakterien 77
Algen, Stickstoffbindung durch Algen 79
Ammoniak 13
Ammoniak aus atmosphärischem Stickstoff 63ff.
Ammoniak aus Steinkohlen 21
Ammoniak aus Torf 23
Ammoniaksynthese mit Hilfe von Nitriden 65ff.
Ammoniaksynthese mit Hilfe von Zyanstickstofftitan 67
Ammoniumsulfat 20
Ammoniumsulfat, Größe der Produktion 22
Argon 42
Atmosphäre, Zusammensetzung der 24. 25
Atmospheric Products Company, Versuche der 46. 47. 48
Atmungsenergie der Stickstoffbakterien 77. 78
Azotobakter 77

B

Bacillus radicicola 81
Berliner Blau 67
Beyerinck, Entdeckung der Knöllchenbakterien an den Leguminosenwurzeln 81
Beyerinck, Entdeckung aerober Stickstoffbakterien 77
Bildungsgeschwindigkeit des Stickoxydes abhängig von der Temperatur 36
Birkeland, Christian, Luftverbrennungsverfahren 49
Blausäure 67
„Bodenbereichernde" u. „Bodenzehrende" Pflanzen 79
Borstickstoff 67
Bouseignault, Untersuchung über die Stickstoffaufnahme der Pflanzen 8
Brache, Bedeutung der Brache 78
Bradley, C. S., Verbrennungskammer von 46
Brode, J., Untersuchung der Stickstoffflamme 27
Brode, J., Untersuchung des Einflusses der Abkühlung auf die Stickoxydkonzentration 44
Bunsen, Robert, Untersuchungen über Knallgasexplosionen 37
Bunsen, Robert (u. Playfair), Bildung von Zyanverbindungen 68
Burri u. Stutzer, Denitrifizierende Bakterien aus Pferdemist u. Stroh 76

C

Caliche 15
Caro, N., Anwendung des Mondschen Verfahrens auf Torf u. Kohlenabfälle 23
Caro, N., Anwendung der elektrischen Heizung für die Herstellung von Kalziumzyanamid 73

Cavendish, Henry, Beobachtung von Salpetersäurebildung bei Knallgasexplosionen 37
Cavendish, Henry, Verbrennung von atmosphärischem Stickstoff durch elektrische Entladungen 41
Chilesalpeter 13
Chilesalpeter, Gewinnung aus der Salpetererde 15
Chilesalpeter, Entstehung der Salpeterlager 14
Chlorkalzium, Anwendung bei der Herstellung von Kalziumzyanamid 72
Clostridium pasteurianum 77
Cofra 15

D

Dawes, Bildung von Zyankalium in Schmelzöfen 68
Denitrifizierende Bakterien 76
Desfosses, Bildung von Zyanmetallen aus Alkalien, Stickstoff u. Kohle 68
Dougall, A. Mac., Versuche über Stickstoffverbrennung 43
Druck, Einfluß auf das chemische Gleichgewicht bei Gasreaktionen 29. 30

E

„Einfrieren" des Gleichgewichtes bei Gasreaktionen 34
Eiweiß, Zersetzung durch Bakterien 10
Eiweißgehalt der Nahrungsmittel 7
Endothermische Prozesse 31
Erdmann, H., Einschlüsse von Stickstoff in Gesteinen 8
Erschöpfung der Salpeterlager 20
Exothermische Prozesse 31
Eyde, Samuel, Verfahren zur Stickstoffverbrennung 49

F

Frank, Adolph u. N. Caro, Zyanamidbarium u. -Kalzium aus Kalziumkarbid u. Stickstoff 69ff.
Frank, Adolph u. N. Caro, Anwendung des Mondschen Verfahrens auf Torf u. Steinkohlenabfälle 23
Finkh, Abhängigkeit der Gleichgewichtskonzentration bei Gasreaktionen von der Temperatur 33. 38

G

Gasreaktionen 28
Gaswasser, Ammoniak aus 21
Geber, Erste Beschreibung der pyrotechnischen Eigenschaften des Salpeters 16
Generatorgas, Gewinnung von Ammoniak bei der Herstellung von 22
Gerlach u. Vogel, Beeinflussung der Bakterientätigkeit 78
Gleichgewichtskonzentration bei verschiedenen Temperaturen 34ff.
Gleichgewichtszustand bei Gasreaktionen 29
Gleichgewichtsverschiebung bei Gasreaktionen 29. 30
Griechisches Feuer 16
Grouven, Bildung von Ammoniak bei der Generatorgasgewinnung 23
Guano 23

H

Haber (u. König), Einfluß der Luftverdünnung auf die Stickoxydbildung 62
Haber (u. v. Oordt), Untersuchungen über das Ammoniakgleichgewicht 64
Haenke, Thaddeus, Umwandlung von Chilesalpeter in Kalisalpeter 18
Halvorsen, Absorptionsverfahren für Stickoxyde 55
Haselhoff u. Bredemann, Züchtung von Klostridiumarten aus Laub u. Erde 77
Häußer, F., Stickoxydbildung in Gaskraftmaschinen 62. 63

Hellriegel u. Willfarth, Entdeckung der Bindung von atmosphärischem Stickstoff durch die Leguminosen 80. 81
Heßberger, Verfahren zur Verbrennung von Luftstickstoff 56
Howles, Versuche über Luftstickstoffverbrennung 43

J

Jellinek, Untersuchungen über die Abhängigkeit der Gleichgewichtskonzentration von der Temperatur 33
Impfung von Moorerde mit Knöllchenbakterien 83

K

Kalisalpeter 16. 17
Kalisalpeter aus Chilesalpeter 18. 19
Kalkmilch, Verwendung für die Absorption von Stickoxyden 55
Kallinikus, Erfindung des Griechischen Feuers 16
Knallgasexplosionen, Bildung von Stickoxyden bei 37. 38
Knöllchenbakterien 79
Kokerei, Gewinnung von Ammoniak bei der 21
Kowalski v., Stickstoffverbrennungsverfahren 45
Kraftwechsel im pflanzlichen u. tierischen Organismus 4

L

Lefèbre, Erstes Patent auf ein Luftverbrennungsverfahren 42
Leguminosen, Stickstoffbindung durch 79. 81 ff.
Lehmann, Funkenentladungen im magnetischen Felde 49
Leitungswiderstand, elektrischer der Luft 31
Liebig, Justus v., Lehre von der Pflanzenernährung 19
Lovejoy, R., Untersuchungen über Luftverbrennung 46

M

Massenwirkungsgesetz von Guldberg u. Waage 31
Maximale Ausbeute an Stickoxyden bei der Stickstoffverbrennung 39
Metallzyanamide 69
Moissan, Henry, Herstellung von Kalziumkarbid 69
Mond, Sir Ludwig, Ammoniakgewinnung bei der Generatorgasherstellung 23
Mondgas 23
Moscicki, Luftverbrennungsverfahren 45. 60
Motay, Tessié du, Verwendung von Titannitriten für die Ammoniakbildung 66
Muthmann u. Hofer, Untersuchungen über Gleichgewichtskonzentrationen bei der Stickoxydbildung 30. 32

N

Nernst, W., Untersuchungen über das Gleichgewicht bei Stickoxydbildung aus atmosphärischem Stickstoff 33 ff.
Nitragin 84
Nitrite 9
Nitrosobakter 75
Nitrosomonas 75
Nobbe u. Hiltner, Reinkulturen von Knöllchenbakterien 84
Nöllner, Carl, Entstehung der Salpeterlager in Chile 14

O

Odier, Louis, Entstehung von Stickoxyden durch Einwirkung von erhitztem Sauerstoff auf atmosphärische Luft 42
Ofen der Badischen Anilin- u. Sodafabrik 56. 57
Ofen von Birkeland u. Eyde 52
Oxydation im lebenden Organismus 4

P

Pauling, H. u. A., Luftverbrennungsverfahren 59
Peruguano 23
Pflanzenkörper, Chemische Zusammensetzung desselben 7
Pietsch, Joh. G., „Abhandlung von der Erzeugung des Salpeters" 18
Plagemann, Erschöpfung der Salpeterlager Chiles 14
Plagemann, Entstehung der Salpeterlager Chiles 20
Plücker, Funkenentladungen im magnetischen Felde 48
Polwechselzahl, Einfluß der Polwechselzahl auf die Ausbeute bei Luftverbrennungsverfahren 45
Polzeniusz, F., Einführung von Chlorkalzium in das Kalziumzyanamidverfahren 72
Priestley, Bildung von Stickoxyden bei der Verbrennung von Wasserstoff in überschüssiger Luft 41
Pringsheim, Züchtung von Klostridiumarten auf Kartoffeln 77

R

Réguault, Ammoniak aus Stickstoff und Wasserstoff 63
Remy, Berechnung der durch Bakterientätigkeit gebundenen Stickstoffmengen 78
Rossi, Stickstoffverbrennung unter hohem Druck 31
Rückzersetzungen bei umkehrbaren chemischen Reaktionen 29

S

Salfeld, Impfung von Moorerde mit Knöllchenbakterien 83
Salpeter 13
Salpeter als Düngemittel 19
Salpeter, Verwendung des 16
Salpeterbildung aus Ammoniak im Boden 74. 75
Salpeterlagerstätten 20
Salpeterplantagen 17
Salpetererde 15
Salpetersäure 13
Salpetersäure-Industrie-Gesellschaft, Verfahren der 59
Salpeterschuppen 18
Salpetersieder 16. 17
Saussure, Theodor de, Stickstoffaufnahme der Pflanzen 7
Scheibenform einer Funkenstrecke 48 ff.
Schießpulver 16
Schloesing, Absorptionsverfahren für Stickoxyde 55
Schloesing, Bedingungen der Salpeterbildung im Boden 75
Schönherr, Luftverbrennungsverfahren 55
Schwarz, Berthold, Erfindung des Schießpulvers 16
Schwefelsaures Ammoniak s. Ammoniumsulfat
Spottiswoode, Elektrische Flamme bei Wechselstromentladungen 26
Stallmist, Dungwirkung von 19
Stickoxyde 26
Stickstoff im Erdboden 8
Stickstoffaufnahme der Pflanzen 7. 8
Stickoxydausbeute, abhängig von der Form der Reaktionskammer 44
Stickstoffbedarf der in Deutschland lebenden Menschen u. Haustiere 6
Stickstoffbedarf des tierischen Organismus 6
Stickstoffbedürfnis, jährliche Zunahme desselben 11
Stickstoffbilanz in der Natur 10
Stickstoffbindung durch Bakterien 74 ff.
Stickstoffflamme 26. 27
„Stickstoffmehrende" u. „Stickstoffzehrende" Pflanzen 80
Stickstoffverbindungen, Entstehung in der Natur 9
Stickstoffverbrennung 26
Stickstoffverluste 11. 12
Stoffwechsel der Pflanzen 3

Stoffwechsel, Unterschied im S. der Pflanzen u. Tiere 7
Stromstärke, Einfluß auf die Ausbeute bei der Stickstoffverbrennung 45
Symbiose 76

T

Temperatur, Einfluß auf das chemische Gleichgewicht bei Gasreaktionen 31 ff.
Titannitrit 66
Traub, Zyanophyceen als Pioniere der Vegetation 79

U

Umkehrbare chemische Prozesse 28 ff.

V

Verbrennung, vollständige u. unvollständige im lebenden Organismus 4
Verbrennungswert der Nahrungsstoffe 5
Veith, Abhängigkeit der Stickoxydbildung vom Druck bei Knallgasexplosionen 38

W

Warburg, Stickoxydbildung mit Hilfe „dunkler Entladungen" 61
Wechselstromlichtbogen 27
Winogradski, Entdeckung von stickstoffbindenden Bakterien 77
Winogradski, Entdeckung von nitrifizierenden Bakterien 75
Wirtschaftliches 85 ff.

Z

Zersetzungsgeschwindigkeit des Stickoxydes bei verschiedenen Temperaturen 33
Zincken, Beobachtung Kohlenstoff enthaltender Salzmassen in Schmelzöfen 68
Zyanamid 69
Zyanamidkalzium, technische Herstellung 70 ff.
Zyane 9
Zyanmetalle für die Goldgewinnung (Mac Arthur u. Forrest-Prozeß) 68
Zyanophyceen (blaugrüne Algen) 79
Zyanstickstofftitan 67

Univ. of California

Verzeichnis der Abbildungen mit Quellennachweis.

Abb. 1 S. 27 Stickstoffflamme nach J. Brode.

" 2 " 36 Kurve der Stickoxydkonzentration zwischen 1200 und 3000°.

" 3 " 41 Versuch von Cavendish.

" 4 " 43 Verbrennungskammer von Mc. Dougall und Howles. Nach Dougall und Howles in Donath u. Frenzel, Die technische Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffes.

" 5 " 46 Verbrennungskammer nach Bradley und Lovejoy. Nach Bradley und Lovejoy in Donath u. Frenzel, Die technische Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffes.

" 6 " 47 Neuere Ofenform der Atmospheric Products Co. Aus Donath u. Frenzel, Die technische Ausnutzung des atmosphärischen Stickstoffes.

" 7 " 49 Wechselstromflamme im Gleichstrommagnetfeld.

" 8 " 52 Elektrischer Ofen nach Birkeland-Eyde, schematisch.

" 9 " 57 Ofen der Badischen Anilin- und Sodafabrik.

" 10 " 58 Desgleichen.

" 11 " 71 Karbidmühle und Mischtrommel. Aus Vogeler, Die Bindung des atmosphärischen Stickstoffs.

" 12 " 72 Azotierungs- und Kupferretorten. Aus Vogeler, Die Bindung des atmosphärischen Stickstoffs.

" 13 " 79 Leguminosenwurzel mit Knöllchen.

Druck von B. G. Teubner in Dresden.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

Aus Natur und Geisteswelt

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25

Zur **Naturwissenschaft und Technik** erschienen u. anderen:

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre: Prof. Dr. F. Auerbach. (Bd. 40.)
Die Lehre von der Energie: A. Stein. (Bd. 257.)
Moleküle, Atome, Weltäther: Prof. Dr. G. Mie. (Bd. 58.)
Einführung in die chemische Wissenschaft: Prof. Dr. W. Löb. (Bd. 263.)
Bilder aus der chemischen Technik: Dr. A. Müller. (Bd. 191.)
Agrikulturchemie: Dr. P. Krische. (Bd. 314.)
Chemie und Technologie der Sprengstoffe: Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. R. Biedermann. (Bd. 286.)
Photochemie: Prof. Dr. G. Kümmell. (Bd. 227.)
Elektrochemie: Prof. Dr. K. Arndt. (Bd. 234.)
Die Naturwissenschaften im Haushalt: Dr. J. Bongardt. (Bd. 125/126.)
Chemie in Küche und Haus: weil. Prof. Dr. G. Abel. (Bd. 76.)
Spektroskopie: Dr. L. Grebe. (Bd. 284.)
Die deutsche Landwirtschaft: Dr. W. Claaßen. (Bd. 215.)
Landwirtschaftliche Maschinenkunde: Prof. Dr. G. Fischer. (Bd. 316.)
Die Physik der Kälte: Dr. H. Alt. (Bd. 311.)
Die Lehre von der Wärme: Prof. Dr. R. Börnstein. (Bd. 172)
Luft, Wasser, Licht und Wärme: Prof. Dr. R. Blochmann. (Bd. 5.)
Das Wasser: Privatdozent Dr. O. Anselmino. (Bd. 291.)
Am sausenden Webstuhl der Zeit: Prof. Dr. W. Launhardt. (Bd. 23.)
Dampf und Dampfmaschine: Prof. R. Vater. (Bd. 63.)
Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen: Prof. R. Vater. (Bd. 21.)
Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen: Prof. R. Vater. (Bd. 85.)
Wasserkraftmaschinen: Kaiserl. Geheimer Rat A. v. Ihering. (Bd. 228.)
Heizung und Lüftung. Ingenieur J. E. Mayer. (Bd. 241.)
Grundlagen der Elektrotechnik: Dr. R. Blochmann. (Bd. 168.)

Nähere Angaben über diese Bände siehe im Anhang

B. G. TEUBNERS HANDBÜCHER FÜR HANDEL UND GEWERBE

CHEMISCHE TECHNOLOGIE

VON

DR. FR. HEUSLER

Mit 126 Abbildungen. [XVI u. 351 S.] gr. 8. 1905
Geh. ℳ 8.—, in Leinw. geb. ℳ 8.60

Das Buch gibt einen Überblick über das Gesamtgebiet der Industrien, die chemische Umformungen der natürlichen Rohstoffe bewirken. Es sind daher ebensowohl die landläufig als „chemische Industrie" bezeichneten Gewerbe berücksichtigt, wie auch die keramischen und metallurgischen Industrien, die Gärungsgewerbe u. a.

„... Die Anschaffung des Buches kann mit gutem Gewissen jedem Gebildeten empfohlen werden, der Interesse für die wichtigste unserer praktischen Wissenschaften, für die Chemie, hat, der einen Blick in ihre Werkstätten tun möchte, der sich unterrichten will, wie dieses oder jenes Fabrikat entsteht, das seiner Branche oder seiner Berufstätigkeit überhaupt fern liegt. Unbefriedigt wird das Studium des Buches niemand lassen; jeder Leser wird dem Verfasser für seinen Fleiß und seine Mühe, ein so großes Gebiet menschlichen Wissens in so anziehender Weise und so leicht verständlich geschildert zu haben, Dank wissen." (Hamburgischer Correspondent.)

DIE CHEMISCHE INDUSTRIE

VON

GUSTAV MÜLLER

KAIS. GEHEIMER OBERREGIERUNGSRAT
VORTR. RAT IM REICHSAMT DES INNERN

UNTER MITWIRKUNG VON DR. PHIL. FRITZ BENNIGSON IN BERLIN

[VIII u. 488 S.] gr. 8. 1909. Geh. ℳ 11.20, in Leinw. geb. ℳ 12.—

„Überall sind die wirtschaftlichen Verhältnisse an der Hand wertvoller Tabellen erläutert; die Verfasser haben mit großem Geschick verstanden, all die einzelnen Momente, die für das Gedeihen der verschiedenen Erwerbszweige in Betracht kommen, in klarer Weise dem Leser vorzuführen. Das Werk kann sowohl dem wirtschaftlich sich interessierenden Chemiker als auch dem in der chemischen Industrie tätigen Kaufmann angelegentlichst empfohlen werden und füllt eine Lücke in der einschlägigen Literatur aus." (Technische Rundschau.)

„Das vorliegende Handbuch verfolgt handelspolitische und wirtschaftliche Zwecke und wünscht, dem Kaufmann wie überhaupt dem im Dienste der chemischen Industrie und des Chemikalienhandels Stehenden ein Leitfaden durch das wirtschaftliche Leben seiner Industrie und ihrer Produkte zu sein. So gewinnt man ein aus zahllosen Strichen zusammengesetztes Bild von der Bedeutung der chemischen Weltindustrie wie von der Beteiligung unseres eigenen Vaterlandes an derselben und sieht mit Staunen, in wie kurzer Zeit aus den schüchternsten Anfängen dieser stolze weltbeherrschende Bau emporgestiegen ist. In dem Werke steckt eine ungeheure Arbeit, und es wird namentlich auch als vielkonsultiertes Nachschlagebuch allen Interessenten von großem Werte und von vielfältigem Nutzen sein." (Deutsche Literaturzeitung.)

Ausführlicher Prospekt auf Verlangen umsonst und postfrei vom Verlage

B. G. TEUBNERS HANDBÜCHER FÜR HANDEL UND GEWERBE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. VAN DER BORGHT GEH. REG.-RAT IN BERLIN
DR. SCHUMACHER PROF. AN DER UNIV. BONN
DR. STEGEMANN GEH. REG.-RAT IN BRAUNSCHWEIG

Die Handbücher sollen in erster Linie dem Kaufmann und Industriellen ein geeignetes Hilfsmittel bieten, sich rasch ein wohlbegründetes Wissen auf den Gebieten der Handels- und der Industrielehre, der Volkswirtschaft und des Rechtes, der Wirtschaftsgeographie und der Wirtschaftsgeschichte zu erwerben, wie es die erhöhten Anforderungen des modernen Wirtschaftslebens erfordern. Aber auch allen Volkswirtschaftlern und Politikern sowie den Verwaltungs- und Steuerbehörden wird die Sammlung willkommen sein, da sie in ihr die so oft nötigen zuverlässigen Nachschlagewerke über die verschiedenen kaufmännischen und industriellen Fragen finden werden.

Anlage von Fabriken. Von H. Haberstroh, E. Weidlich, E. Görts und Dr. R. Stegemann. Mit 274 Abbild. u. Plänen sowie 6 Tafeln. [XIII u. 528 S.] gr. 8. 1907. Geh. *M.* 12.—, in Leinw. geb. *M.* 12.80.

Betrieb von Fabriken. Von Dr. F. W. R. Zimmermann, A. Johanning, H. v. Frankenberg u. Dr. R. Stegemann. Mit 3 Abbild. u. zahlreichen Formularen. [VI u. 436 S.] gr. 8. 1905. Geh. *M.* 8.—, in Leinw. geb. *M.* 8.60.

Einführung in die Elektrotechnik. Physikalische Grundlagen und technische Ausführungen. Von R. Rinkel. Mit 445 Abbildungen im Text. [VI u. 464 S.] gr. 8. 1908. Geh. *M.* 11.20, in Leinw. geb. *M.* 12.—

Die Eisenindustrie. Von Oskar Simmersbach. Mit 92 Abbild. [X u. 322 S.] gr. 8. 1906. Geh. *M.* 7.20, in Leinw. geb. *M.* 8.—

Die Zuckerindustrie. gr. 8. 1905. Geh. *M.* 7.40, in Leinw. geb. *M.* 7.80. Einzeln: I. Teil: **Die Zuckerfabrikation.** Von Dr. H. Claaßen u. Dr. W. Bartz. Mit 79 Abb. [X u 270 S.] Geh. *M.* 5.60, in Leinw. geb. *M.* 6.— II. Teil: **Der Zuckerhandel.** Von O. Pilet. [IV u. 92 S.] Geh. *M.* 1.80, in Leinw. geb. *M.* 2.20.

Die Zuckerproduktion der Welt. Von Geh.-Rat Prof. Dr. H. Paasche. [VI u. 338 S.] gr. 8. 1905. Geh. *M.* 7.40, in Leinw. geb. *M.* 8.—

Versicherungswesen. Von Dr. A. Manes. [XII u. 468 S.] gr. 8. 1905. Geh. *M.* 9.40, in Leinw. geb. *M.* 10.—

Die Bilanzen der privaten Unternehmungen. Mit besonderer Berücksichtigung der Aktiengesellschaften, Gesellschaften m. b. H., Genossenschaften und Gewerkschaften, der Bank-, Versicherungs- und Eisenbahn-Unternehmungen. Von Prof. Dr. phil. et. jur. Rich. Passow. [XII u. 355 S.] gr. 8. 1910. Geh. *M* 8.40, in Leinwand geb. *M* 9.—

In Vorbereitung:

Einführung in die Volkswirtschaft von Professor Dr. Eckert, Cöln.

Geld-, Bank- und Börsenwesen von Professor Dr. Schumacher, Bonn.

Verkehrswesen von Professor Dr. Wiedenfeld, Cöln.

Staats- und Verwaltungsrecht des Deutschen Reiches und der Einzelstaaten von Professor Stier-Somlo, Bonn.

Zollwesen von Regierungsrat Ueberschaer, Cöln-Brunsfeld.

Einleitung in die Chemie von Professor Dr. Partheil, Königsberg.

Einführung in die wirtschaftliche Statistik von Professor Dr. A. Wirminghaus, Cöln.

Sozialpolitik von Prof. Dr. O. von Zwiedineck-Südenhorst, Karlsruhe i. B.

Genossenschaftswesen von Privatdozent Dr. Wygodzinski, Bonn.

Organisation und Technik des internationalen Getreidehandels von Dr. Viktor Heller, Wien.

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin.

Lehrbuch der Physik

Zum Gebrauch beim Unterricht, bei akademischen Vorlesungen und zum Selbststudium

Von **E. Grimsehl,**

Direktor der Oberrealschule auf der Uhlenhorst in Hamburg.

Mit 1091 Textfiguren, 2 farbigen Tafeln und einem Anhange, enthaltend Tabellen physikalischer Konstanten und Zahlentabellen.

[XII u. 1052 S.] gr. 8. 1909. Geh. *M* 15.—, geb. *M* 16.—

„Weit mehr als früher, als vor noch zwanzig Jahren, ist die Physik und die Kenntnis ihrer grundlegenden Lehren ein Allgemeingut der gebildeten Schichten unseres Volkes geworden. Das vorliegende Buch will denen, die eine höhere Schule besucht haben und das Bedürfnis fühlen, ihre erworbenen Kenntnisse lebendig zu erhalten und sie zu erweitern, ein zuverlässiger Führer und Berater sein. Auch die studierende Jugend wird vorteilhaft davon Gebrauch machen können. Beide auch deshalb, weil eine große Anzahl von Abbildungen den Text begleitet und erläutert. Im übrigen wird jeder Erwachsene dies umfangreiche Werk gern in seiner Bibliothek haben, da es an einem solchen Werke bisher fehlte, das ohne allzu große Gelehrsamkeit die in Betracht kommenden Kenntnisse übermittelt. Dabei gehört das Werk in keiner Beziehung zu den sogenannten populären Büchern, sondern zwingt seinen Besitzer zu fleißiger geistiger Tätigkeit.“ (**Der Tag.**)

Einführung in die chemische Technik

Kurzgefaßtes Lehrbuch der chemischen Technologie mit Berücksichtigung der Grundlehren der Chemie für Handels-, Real- und Gewerbeschulen von

Oberlehrer Dr. **Rudolf Sachße,**

erstem Lehrer der Chemie und Warenkunde an der Öffentl. Handelslehranstalt der Dresdner Kaufmannschaft.

Mit Titelbild u. 92 Figuren. [IV u. 162 S.] gr. 8. 1907. Steif geh. *M* 2.—, in Leinwand geb. *M* 2.50.

„Das vorliegende Werk lehrt die Chemie in ihrer Anwendung in der Industrie und gibt eine Darstellung der wichtigsten Industriezweige in ihrer modernen Ausgestaltung. Der Verfasser hat es verstanden, den spröden Lehrstoff für Unterrichtszwecke geeignet zu machen. Es ist ihm auch gelungen, das umfangreiche Gebiet in knapper Weise zu geben. ‚Wenig, aber gründlich‘ ist des Verfassers Leitsatz gewesen. Nicht mit unnötigen theoretischen Dingen wird der Schüler geplagt, sondern durch eine leicht faßliche Darstellungsweise, unterstützt durch klare Abbildungen im Text, wird eine schnelle Auffassung, eine reine Lernfreudigkeit beim Schüler erzielt. — Wir wünschen dem durchaus zeitgemäßen Lehrmittel den verdienten Erfolg.“ (**Deutsche Handelsschul-Lehrer-Zeitung.**)

Aus Natur und Geisteswelt.

Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen aus allen Gebieten des Wissens.

Jeder Band ist in sich abgeschlossen und einzeln käuflich.

Jeder Band geh. M. 1.—, in Leinwand geb. M. 1.25.

Übersicht nach Wissenschaften geordnet.

Allgemeines Bildungswesen. Erziehung u. Unterricht.

Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. Von weil. Prof. Dr. Friedrich Paulsen. 2. Auflage. Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. W. Münch und einem Bildnis Paulsens. (Bd. 100.)
Eine unparteiische Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Bildungswesens nach seinen Hauptrichtlinien, zugleich ein Spiegelbild deutscher Kulturentwicklung.

Der Leipziger Student von 1409—1909. Von Dr. Wilhelm Bruchmüller. Mit 25 Abbildungen. (Bd. 273.)
Eine zusammenfassende Kultur- und Sittengeschichte des Leipziger Studenten.

Allgemeine Pädagogik. Von Prof. Dr. Th. Ziegler. 3. Aufl. (Bd. 33.)
Behandelt das mit der großen sozialen Frage unserer Zeit in so engem Zusammenhang stehende Problem der Volkserziehung in praktischer, selbständiger Weise und in sittlich-sozialem Geiste.

Experimentelle Pädagogik mit besonderer Rücksicht auf die Erziehung durch die Tat. Von Dr. W. A. Lay. Mit 2 Abbildungen. (Bd. 224.)
Behandelt Geschichte, Aufgaben, Wesen und Bedeutung der experimentellen Pädagogik und ihrer Forschungsmethode.

Moderne Erziehung in Haus u. Schule. Von Johannes Tews. (Bd. 159.)
Zeichnet scharf die Schattenseiten der modernen Erziehung und zeigt Mittel und Wege für eine allseitige Durchdringung des Erziehungsproblems.

Die höhere Mädchenschule in Deutschland. Von Oberlehrerin Marie Martin. (Bd. 65.)
Bietet aus berufenster Feder eine Darstellung der Ziele, der historischen Entwicklung, der heutigen Gestalt und der Zukunftsaufgaben der höheren Mädchenschulen.

Vom Hilfsschulwesen. Von Rektor Dr. B. Maennel. (Bd. 73.)
Gibt in kurzen Zügen eine Theorie und Praxis der Hilfsschulpädagogik nach ihrem gegenwärtigen Stand und zugleich Richtlinien für ihre künftige Entwicklung.

Das deutsche Fortbildungsschulwesen. Von Direktor Dr. Friedrich Schilling. (Bd. 256.)
Würdigt die gegenwärtige Ausgestaltung des gesamten (einschließlich des gewerblichen und kaufmännischen) Fortbildungsschulwesens und zeichnet Richtlinien für einen konsequenten Weiterbau.

Die Knabenhandarbeit in der heutigen Erziehung. Von Seminar-Dir. Dr. A. Pabst. Mit 21 Abbildungen und 1 Titelbild. (Bd. 140.)
Gibt einen Überblick über die Geschichte des Knabenhandarbeitsunterrichts, untersucht seine Stellung im Lichte der modernen pädagogischen Strömungen sowie seinen Wert als Erziehungsmittel und erörtert sodann die Art des Betriebes in den verschiedenen Schulen und Ländern.

Geschichte des deutschen Schulwesens. Von Oberrealschuldirektor Dr. Karl Knabe. (Bd. 85.)
Eine übersichtliche Darstellung der Entwicklungsgeschichte des deutschen Schulwesens von seinen Anfängen an bis zum nationalen Humanismus der Gegenwart.

Das deutsche Unterrichtswesen der Gegenwart. Von Oberrealschuldirektor Dr. Karl Knabe. (Bd. 299.)
Bietet einen anregenden Überblick über das Gesamtgebiet des gegenwärtigen deutschen Unterrichtswesens.

Das moderne Volksbildungswesen. Bücher- und Lesehallen, Volkshochschulen und verwandte Bildungseinrichtungen in den wichtigsten Kulturländern in ihrer Entwicklung seit der Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. Von Stadtbibliothekar Dr. Gottlieb Fritz. Mit 14 Abbildungen. (Bd. 266.)
Gibt einen zusammenfassenden Überblick über das für den Aufschwung des geistigen Lebens der modernen Kulturvölker so wichtige Volksbildungswesen.

Schulkämpfe der Gegenwart. Von Johannes Tews. (Bd. 111.)
Stellt die Probleme dar, um die es sich bei der Reorganisation der Volksschulen handelt, deren Stellung zu Staat und Kirche, Abhängigkeit vom Zeitgeist und Wichtigkeit für die Herausgestaltung einer volksfreundlichen Gesamtkultur scharf beleuchtet werden.

Deutsches Ringen nach Kraft und Schönheit. Aus den literarischen Zeugnissen eines Jahrhunderts gesammelt. Von Turninspektor Karl Möller. In 2 Bänden.
Band I: Von Schiller bis Lange. (Bd. 188.) Band II: In Vorbereitung.
Eine feinsinnige Auslese von Aussprüchen und Aufsätzen unserer führenden Geister über eine allseitig harmonische Ausbildung von Leib und Seele.

Schulhygiene. Von Prof. Dr. Leo Burgerstein. 2. Auflage. Mit 33 Figuren. (Bd. 96.)
Ein alle in Betracht kommenden Fragen gleichmäßig berücksichtigendes Gesamtbild der modernen Schulhygiene.

Jugend-Fürsorge. Von Waisenhaus-Direktor Dr. Johannes Petersen. 2 Bände. (Bd. 161. 162.)
Band I: Die öffentliche Fürsorge für die hilfsbedürftige Jugend. (Bd. 161.)
Band II: Die öffentliche Fürsorge für die sittlich gefährdete und die gewerblich tätige Jugend. (Bd. 162.)
Behandelt das gesamte öffentliche Fürsorgewesen, dessen Vorzüge und Mängel sowie die Möglichkeit der Reform.

Die amerikanische Universität. Von Ph. D. Edward Delavan Perry. Mit 22 Abbildungen. (Bd. 206.)
Schildert die Entwicklung des gelehrten Unterrichts in Nordamerika, belehrt über das dortige innere und äußere akademische Leben und bietet interessante Vergleiche zwischen deutschem und amerikanischem Hochschulwesen.

Technische Hochschulen in Nordamerika. Von Prof. Siegmund Müller. Mit zahlreichen Abbildungen, Karte und Lageplan. (Bd. 190.)
Schildert, von lehrreichen Abbildungen unterstützt, die Einrichtungen und den Unterrichtsbetrieb der amerikanischen technischen Hochschulen in ihrer Eigenart.

Volksschule und Lehrerbildung der Vereinigten Staaten in ihren hervortretenden Zügen. Von Direktor Dr. Franz Kuypers. Mit 49 Abbildungen. (Bd. 150.)
Schildert anschaulich das amerikanische Schulwesen vom Kindergarten bis zur Hochschule, überall das Wesentliche der amerikanischen Erziehungsweise (die stete Erziehung zum Leben, das Wecken des Betätigungstriebes, das Hindrängen auf praktische Verwertung usw.) hervorhebend.

Pestalozzi. Sein Leben und seine Ideen. Von Prof. Dr. Paul Natorp. Mit einem Bildnis und einem Brieffaksimile. (Bd. 250.)
Sucht durch systematische Darstellung der Prinzipien Pestalozzis und ihrer Durchführung eine von seiner zeitlichen Bedingtheit losgelöste Würdigung des Pädagogen anzubahnen.

Herbarts Lehren und Leben. Von Pastor O. Flügel. Mit einem Bildnisse Herbarts. (Bd. 164.)
Sucht durch liebevolle Darstellung von Herbarts Werden und Lehre seine durch eigenartige Terminologie und Deduktionsweise schwer verständliche Philosophie und Pädagogik weiteren Kreisen zugänglich zu machen.

Friedrich Fröbel. Sein Leben und sein Wirken. Von Adele von Portugall. Mit 5 Tafeln. (Bd. 82.)
Lehrt die grundlegenden Gedanken der Methode Fröbels kennen und gibt einen Überblick seiner wichtigsten Schriften mit Betonung aller jener Kernaussprüche, die treuen und oft ratlosen Müttern als Wegweiser in Ausübung ihres hehrsten und heiligsten Berufes dienen können.

Hierzu siehe ferner:

Gaupp, Psychologie des Kindes S. 6. Hensel, Rousseau S. 5. Zander, Die Leibesübungen S. 18.

Religionswissenschaft.

Leben und Lehre des Buddha. Von Prof. Dr. Richard Pischel. Mit 1 Tafel. (Bd. 109.)
Gibt eine wissenschaftlich begründete, durchaus objektive Darstellung des Lebens des Buddha, seiner Stellung zu Staat und Kirche, seiner Lehrweise und Lehre sowie der weiteren Entwicklung des Buddhismus.

Mystik im Heidentum und Christentum. Von Dr. Edvin Lehmann. (Bd. 217.)
Verfolgt die Erscheinungen der Mystik von der niedrigsten Stufe durch die orientalischen Religionen bis zu den mystischen Phänomenen in den christlichen Kirchen aller Zeiten.

Palästina und seine Geschichte. Von Prof. Dr. Hermann Freiherr von Soden. 2. Auflage. Mit 2 Karten, 1 Plan von Jerusalem und 6 Ansichten des Heiligen Landes. (Bd. 6.)
Ein Bild, nicht nur des Landes selbst, sondern auch alles dessen, was aus ihm hervor- oder über es hingegangen ist im Laufe der Jahrhunderte, in deren Verlauf die Patriarchen Israels und die Kreuzfahrer, David und Christus, die alten Assyrer und die Scharen Mohammeds einander ablösten.

Palästina und seine Kultur in fünf Jahrtausenden. Nach den neuesten Ausgrabungen und Forschungen. Von Gymnasialoberlehrer Dr. Peter Thomsen. Mit 36 Abbildungen. (Bd. 260.)
Will, indem es die wichtigsten bis in das 4. Jahrtausend vor Christi zurückreichenden Ergebnisse der neuesten Ausgrabungen in Palästina zum ersten Male gemeinverständlich darstellt, zugleich ein Führer sein zu neuem und tieferem Eindringen in die geschichtlichen Grundlagen unserer Religion.

Die Grundzüge der israelitischen Religionsgeschichte. Von Prof. Dr. Friedrich Giesebrecht. 2. Auflage. (Bd. 52.)
Schildert, wie Israels Religion entsteht, wie sie die nationale Schale sprengt, um in den Propheten die Ansätze einer Menschheitsreligion auszubilden, und wie auch diese neue Religion sich verpuppt in die Formen eines Priesterstaats.

Die Gleichnisse Jesu. Zugleich Anleitung zu einem quellenmäßigen Verständnis der Evangelien. Von Lic. Prof. Dr. Heinrich Weinel. 2. Auflage. (Bd. 46.)
Will gegenüber kirchlicher und nichtkirchlicher Allegorisierung der Gleichnisse Jesu mit ihrer richtigen, wörtlichen Auffassung bekannt machen und verbindet damit eine Einführung in die Arbeit der modernen Theologie.

Wahrheit und Dichtung im Leben Jesu. Von Pfarrer D. Paul Mehlhorn. (Bd. 137.)
Will zeigen, was von dem im Neuen Testament uns überlieferten Leben Jesu als geschichtlich beglaubigter Tatbestand festzuhalten und was als Sage oder Dichtung zu betrachten ist.

Jesus und seine Zeitgenossen. Geschichtliches und Erbauliches. Von Pastor Carl Bonhoff. (Bd. 89.)
Sucht der ganzen Fülle und Eigenart der Persönlichkeit Jesu gerecht zu werden, indem es ihn in seinem Verkehr mit den ihn umgebenden Menschengestalten, Volks- und Parteigruppen zu verstehen sucht.

Der Text des Neuen Testamentes nach seiner geschichtlichen Entwicklung. Von Div.-Pfarrer August Pott. Mit 8 Tafeln. (Bd. 134.)
Will die Frage: „Ist der ursprüngliche Text des Neuen Testamentes überhaupt noch herzustellen?" durch eine Darstellung seiner Entwicklung von der ersten schriftlichen Fixierung bis zum heutigen „berichtigten" Text beantworten.

Christentum und Weltgeschichte. Von Prof. Dr. K. Sell. 2 Bände. (Bd. 297. 298.)
Zeigt durch eingehende Charakterisierung der schöpferischen Persönlichkeiten die Wechselbeziehungen zwischen Kulturentwicklung und Christentum auf.

Aus der Werdezeit des Christentums. Studien und Charakteristiken. Von Prof. Dr. Johannes Geffcken. 2. Auflage. (Bd. 54.)
Ein Bild der vielseitigen, kultur- und religionsgeschichtlichen Bedingtheiten, unter denen die Werdezeit des Christentums steht.

Der Apostel Paulus und sein Werk. Von Prof. Dr. Eberhard Vischer. (Bd. 309.)
Zeigt durch eingehende Darstellung von Leben und Lehre die Persönlichkeit des Apostels in ihrer zeitlichen Bedingtheit und in ihrer bleibenden weltgeschichtlichen Bedeutung.

Luther im Lichte der neueren Forschung. Ein kritischer Bericht. Von Prof. Dr. Heinrich Boehmer. 2. Auflage. Mit 2 Bildnissen Luthers. (Bd. 113.)
Gibt auf kulturgeschichtlichem Hintergrunde eine unparteiische, Schwächen und Stärken gleichmäßig beleuchtende Darstellung von Luthers Leben und Wirken.

Johann Calvin. Von Pfarrer Dr. G. Sodeur. Mit 1 Bildnis. (Bd. 247.)
Sucht durch eingehende Darstellung des Lebens und Wirkens sowie der Persönlichkeit des Genfer Reformators, sowie der Wirkungen, welche von ihm ausgingen, Verständnis für seine Größe und bleibende Bedeutung zu wecken.

Die Jesuiten. Eine historische Skizze. Von Prof. Dr. Heinrich Boehmer. 2. vermehrte Auflage. (Bd. 49.)
Ein Büchlein nicht für oder gegen, sondern über die Jesuiten, also der Versuch einer gerechten Würdigung des vielgenannten Ordens nach seiner bleibenden geschichtlichen Bedeutung.

Die religiösen Strömungen der Gegenwart. Von Superintendent D. August Heinrich Braasch. 2. Auflage. (Bd. 66.)
Will durch eine großzügige historische Übersicht über das an Richtungen und Problemen so reiche religiöse Leben der Gegenwart den innerlichsten und höchsten Lebenswerten gegenüber einen eigenen Standpunkt finden helfen.

Die Stellung der Religion im Geistesleben. Von Lic. Dr. Paul Kalweit. (Bd. 225.)
Will das Verhältnis der Religion zu dem übrigen Geistesleben, insbesondere zu Wissenschaft, Sittlichkeit und Kunst klarlegen, indem es die bedeutsamsten Anschauungen darüber erörtert.

Religion und Naturwissenschaft in Kampf und Frieden. Ein geschichtlicher Rückblick. Von Dr. August Pfannkuche. (Bd. 141.)
Will durch geschichtliche Darstellung der Beziehungen beider Gebiete eine vorurteilsfreie Beurteilung des heiß umstrittenen Problems ermöglichen.

Hierzu siehe ferner:

von Negelein, Germanische Mythologie S. 10.
Wachtler, Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Reliefsarkophage S. 8.

Philosophie und Psychologie.

Einführung in die Philosophie. Von Prof. Dr. Raoul Richter. 2. Aufl. (Bd. 155.)

Bietet eine anschauliche, zugleich wissenschaftlich-gründliche Darstellung der philosophischen Hauptprobleme und der Richtungen ihrer Lösung, insbesondere des Erkenntnisproblems, und nimmt dabei, nach einer vorherigen Abgrenzung des Gebietes der Philosophie und Bestimmung ihrer Aufgabe, zu den Standpunkten des Materialismus, Spiritualismus, Theismus und Pantheismus Stellung, um zum Schlusse die Fragen der Moral- und Religionsphilosophie zu beleuchten.

Die Philosophie. Einführung in die Wissenschaft, ihr Wesen und ihre Probleme. Von Realschuldirektor Hans Richert. (Bd. 186.)

Will die Stellung der Philosophie im Geistesleben der Gegenwart beleuchten, ihren Wert als Weltanschauung sicher stellen, ihre Grundprobleme und deren Lösungsversuche charakterisieren und in die philosophische Literatur einführen.

Führende Denker. Geschichtliche Einleitung in die Philosophie. Von Prof. Dr. Jonas Cohn. Mit 6 Bildnissen. (Bd. 176.)

Will durch Geschichte in die Philosophie einführen, indem es von sechs großen Denkern, Sokrates und Platon, Descartes und Spinoza, Kant und Fichte das für die Philosophie dauernd Bedeutende herauszuarbeiten sucht aus der Überzeugung, daß aus der Kenntnis der Persönlichkeiten am besten das Verständnis für ihre Gedanken zu gewinnen ist.

Die Weltanschauungen der großen Philosophen der Neuzeit. Von weil. Prof. Dr. Ludwig Busse. 4. Auflage, herausgegeben von Prof. Dr. R. Falckenberg. (Bd. 56.)

Eine sich auf die Darstellung der großen klassischen Systeme beschränkende, aber deren beherrschende und charakteristische Grundgedanken herausarbeitende und so ein klares Gesamtbild der in ihm enthaltenen Weltanschauungen entwerfende Einführung in die neuere Philosophie.

Die Philosophie der Gegenwart in Deutschland. Eine Charakteristik ihrer Hauptrichtungen. Von Prof. Dr. Oswald Külpe. 4. Auflage. (Bd. 41.)

Schildert die vier Hauptrichtungen der modernen deutschen Philosophie: den Positivismus, Materialismus, Naturalismus und Idealismus unter eingehender Würdigung der bedeutendsten Vertreter der verschiedenen Richtungen.

Rousseau. Von Prof. Dr. Paul Hensel. Mit 1 Bildnisse. (Bd. 180.)

Stellt Rousseau als Vorläufer des deutschen Idealismus, seine Lebensarbeit als unumgängliche Voraussetzung für Goethe, Schiller, Herder, Kant, Fichte dar.

Immanuel Kant. Darstellung und Würdigung. Von Prof. Dr. Oswald Külpe. 2. Auflage. Mit einem Bildnisse Kants. (Bd. 146.)

Eine Einführung in das Verständnis Kants und eine Würdigung seiner Philosophie in ihrer unvergleichlichen und schier unerschöpflichen Kraft der Anregung, wie seiner Persönlichkeit in ihrer echten in sich geschlossenen Eigenart.

Schopenhauer. Seine Persönlichkeit, seine Lehre, seine Bedeutung. Sechs Vorträge von Realschuldirektor Hans Richert. 2. Auflage. Mit dem Bildnis Schopenhauers. (Bd. 81.)

Gibt, in das Werden dieses großen deutschen Philosophen und Schriftstellers mit seinen geschichtlichen Bedingungen und Nachwirkungen einführend, einen zusammenfassenden Überblick über das Ganze seines Systems.

Herbert Spencer. Von Dr. Karl Schwarze. Mit Bildnis. (Bd. 245.)

Gibt eine klar gefaßte Darstellung des Lebens und des auf dem Entwicklungsgedanken aufgebauten Systems Herbert Spencers nach seinen verschiedenen Seiten, nämlich philosophische Grundlegung, Biologie, Psychologie, Soziologie und Ethik.

Das Weltproblem von positivistischem Standpunkte aus. Von Prof. Dr. Josef Petzoldt. (Bd. 133.)
Sucht die Geschichte des Nachdenkens über die Welt als eine sinnvolle Geschichte von Irrtümern psychologisch verständlich zu machen im Dienste der von Schuppe, Mach und Avenarius vertretenen Anschauung, daß es keine Welt an sich, sondern nur eine Welt für uns gibt.

Aufgaben und Ziele des Menschenlebens. Von Dr. J. Unold. 3. Auflage. (Bd. 12.)
Stellt sich in den Dienst einer nationalen Erziehung, indem es zuversichtlich und besonnen eine von konfessionellen Schranken unabhängige, wissenschaftlich haltbare Lebensanschauung und Lebensordnung begründet und entwickelt.

Sittliche Lebensanschauungen der Gegenwart. Von Prof. Dr. Otto Kirn. (Bd. 177.)
Übt verständnisvolle Kritik an den Lebensanschauungen des Naturalismus, des Utilitarismus, des Evolutionismus, an der ästhetischen Lebensauffassung, um dann für das überlegene Recht des sittlichen Idealismus einzutreten, indem es dessen folgerichtige Durchführung in der christlichen Weltanschauung aufweist.

Die Mechanik des Geisteslebens. Von Prof. Dr. Max Verworn. 2. Auflage. Mit 18 Figuren. (Bd. 200.)
Schildert vom monistischen Standpunkt aus die modernen Anschauungen über die physiologischen Grundlagen der Gehirnvorgänge.

Hypnotismus und Suggestion. Von Dr. Ernst Trömner. (Bd. 199.)
Bietet eine rein sachliche Darstellung der Lehre von Hypnotismus und Suggestion und zeigt deren Einfluß auf die wichtigsten Kulturgebiete.

Psychologie des Kindes. Von Prof. Dr. Rob. Gaupp. Mit 18 Abbildungen. (Bd. 213.)
Behandelt die wichtigsten Kapitel aus der Kinderpsychologie unter Betonung der Bedeutung des psychologischen Versuchs für die Erkenntnis der Eigenart geistiger Tätigkeit wie der individuellen Verschiedenheiten im Kindesalter.

Die Psychologie des Verbrechers. Von Dr. Paul Pollitz, Strafanstaltsdirektor. Mit 5 Diagrammen. (Bd. 248.)
Gibt eine umfassende Übersicht und psychologische Analyse des Verbrechens als Produkt sozialer und wirtschaftlicher Verhältnisse, defekter geistiger Anlage wie persönlicher, verbrecherischer Tendenz.

Die Seele des Menschen. Von Prof. Dr. Joh. Rehmke. 3. Aufl. (Bd. 36.)
Gibt allgemeinverständlich eine eingehende wissenschaftliche Antwort auf die Grundfrage: „Was ist die Seele?"

Hierzu siehe ferner:

Lehmann, Mystik in Heidentum und Christentum S. 3. Pischel, Leben und Lehre des Buddha S. 3. Flügel, Herbarts Lehre und Leben S. 3. Pfannkuche, Naturwissenschaft und Religion in Kampf und Frieden S. 4. Voldehr, Bau und Leben der bildenden Kunst S. 8. Muckle, Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert S. 14.

Literatur und Sprache.

Die Sprachstämme des Erdkreises. Von Prof. Dr. Franz Nikolaus Finck. (Bd. 267.)
Gibt einen auf den Resultaten moderner Sprachforschung aufgebauten, umfassenden Überblick über die Sprachstämme des Erdkreises, ihre Verzweigungen in Einzelsprachen sowie über deren gegenseitige Zusammenhänge.

Die Haupttypen des menschlichen Sprachbaues. Von Prof. Dr. Franz Nikolaus Finck. (Bd. 268.)
Will durch Erklärung je eines charakteristischen Textes aus acht Hauptsprachtypen einen unmittelbaren Einblick in die Gesetze der menschlichen Sprachbildung geben.

Schrift- und Buchwesen in alter und neuer Zeit. Von Prof. Dr. O. Weise. 2. Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 4.)
Verfolgt Schrift-, Brief- und Zeitungswesen, Buchhandel und Bibliotheken von den Bibliotheken der Babylonier und den Zeitungen im alten Rom bis zu der großartigen Entwicklung des Schrift- und Buchwesens seit Erfindung der Buchdruckerkunst.

Wie ein Buch entsteht. Von Prof. Arthur W. Unger. 2. Auflage. Mit 7 Tafeln und 26 Abbildungen. (Bd. 175.)
Schildert in einer durch Abbildungen und Papier- und Illustrationsproben unterstützten Darstellung Geschichte, Herstellung und Vertrieb des Buches unter eingehender Behandlung sämtlicher buchgewerblicher Techniken.

Entstehung und Entwicklung unserer Muttersprache. Von Prof. Dr. Wilhelm Uhl. Mit vielen Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 84.)
Eine Zusammenfassung der Ergebnisse der sprachlich-wissenschaftlich lautphysiologischen wie der philologisch-germanistischen Forschung, die Ursprung und Organ, Bau und Bildung, andererseits die Hauptperioden der Entwicklung unserer Muttersprache zur Darstellung bringt.

Rhetorik. Von Dr. Ewald Geißler. (Bd. 310.)
Eine zeitgemäße Rhetorik für den Berufsredner wie für jeden nach sprachlicher Ausdrucksfähigkeit Strebenden.

Die deutschen Personennamen. Von Direktor A. Bähnisch. (Bd. 296.)
Gibt einen vollständigen historischen Überblick über das gesamte Gebiet der deutschen Vor- und Familiennamen und erklärt ihre Entstehung und Bedeutung nach ihren verschiedenen Gattungen.

Das deutsche Volkslied. Über Wesen und Werden des deutschen Volksgesanges. Von Dr. J. W. Bruinier. 3. Auflage. (Bd. 7.)
Eine von warmem Empfinden getragene, durch reiche Proben belebte Einführung in das Verständnis des Werdens und Wesens des deutschen Volksgesanges.

Die deutsche Volkssage. Übersichtlich dargestellt. Von Dr. Otto Böckel. (Bd. 262.)
Bietet zum erstenmal eine vollständige Übersicht über die reichen Schätze der deutschen Volkssage, als des tiefverschütteten Grundes deutscher Anschauungs- und Denkweise.

Schiller. Von Prof. Dr. Theobald Ziegler. Mit dem Bildnis Schillers von Kügelgen in Heliogravüre. 2. Auflage. (Bd. 74.)
Will durch eingehende Analyse der Einzelwerke in das Verständnis von Schillers Leben und Gedankenwelt einführen.

Friedrich Hebbel. Von Dr. Anna Schapire-Neurath. Mit einem Bildnis Hebbels. (Bd. 238.)
Gibt eine eindringende Analyse des Werkes und der Weltanschauung des großen deutschen Tragikers.

Gerhart Hauptmann. Von Prof. Dr. E. Sulger-Gebing. (Bd. 283.)
Sucht durch eindringende Analyse des Einzelwerkes in die Gedankenwelt Gerhart Hauptmanns einzuführen.

Deutsche Romantik. Von Prof. Dr. Oskar F. Walzel. (Bd. 232.)
Gibt auf Grund der modernen Forschungen ein knappes, lebendiges Bild jener Epoche, deren Wichtigkeit für unser Bewußtsein ständig wächst, und die an Reichtum der Gefühle, Gedanken und Erlebnisse von keiner anderen übertroffen wird.

Das deutsche Drama des neunzehnten Jahrhunderts. In seiner Entwicklung dargestellt von Prof. Dr. Georg Witkowski. 3. Auflage. Mit einem Bildnis Hebbels. (Bd. 51.)
Sucht in erster Linie auf historischem Wege das Verständnis des Dramas der Gegenwart anzubahnen und berücksichtigt die drei Faktoren, deren jeweilige Beschaffenheit die Gestaltung des Dramas bedingt: Kunstanschauung, Schauspielkunst und Publikum.

Das Drama. Band I. Von der Antike zum französischen Klassizismus. Von Dr. Bruno Busse. Mit 3 Abbildungen. (Bd. 287.)
Verfolgt die Entwicklung des Dramas von den primitiven Anfängen über Altertum, Mittelalter und Renaissance bis zum französischen Klassizismus.

Das Theater. Schauspielhaus und Schauspielkunst vom griech. Altertum bis auf die Gegenwart. Von Dr. Christian Gaehde. Mit 20 Abbild. (Bd. 230.)
Eine Geschichte des Theaters vom griechischen Altertum durch Mittelalter und Renaissance bis auf die Schauspielkunst der Gegenwart, deren verschiedene Strömungen in ihren historischen und psychologischen Bedingungen dargestellt werden.

Geschichte der deutschen Lyrik seit Claudius. Von Dr. Heinrich Spiero. (Bd. 254.)
Schildert unter liebevoller Würdigung der größten und feinsten Meister des Liedes an der Hand wohlgewählter Proben die Entwicklungsgeschichte der deutschen Lyrik.

Henrik Ibsen, Björnstjerne Björnson und ihre Zeitgenossen. Von Prof. Dr. B. Kahle. Mit 7 Bildnissen. (Bd. 193.)
Sucht Entwicklung und Schaffen Ibsens und Björnsons sowie der bedeutendsten jungen norwegischen Dichter auf Grund der Veranlagung und Entwicklung des norwegischen Volkes verständlich zu machen und im Zusammenhang mit den kulturellen Strömungen der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts darzustellen.

Shakespeare und seine Zeit. Von Prof. Dr. Ernst Sieper. Mit 3 Tafeln und 3 Textbildern. (Bd. 185.)
Schildert Shakespeare und seine Zeit, seine Vorgänger und eigenartige Bühne, seine Persönlichkeit und seine Entwicklung als Mensch und Künstler und erörtert die vielumstrittene Shakespeare-Bacon-Frage.

Hierzu siehe ferner:

Gerber, Die Stimme S. 19. Das Buchgewerbe und die Kultur S. 11.

Bildende Kunst und Musik.

Bau und Leben der bildenden Kunst. Von Direktor Dr. Theodor Volbehr. Mit 44 Abbildungen. (Bd. 68.)
Führt von einem neuen Standpunkte aus in das Verständnis des Wesens der bildenden Kunst ein, erörtert die Grundlagen der menschlichen Gestaltungskraft und zeigt, wie das künstlerische Interesse sich allmählich weitere und immer weitere Stoffgebiete erobert.

Die Blütezeit der griechischen Kunst im Spiegel der Reliefsarkophage. Eine Einführung in die griechische Plastik. Von Dr. H. Wachtler. Mit 8 Tafeln und 32 Abbildungen. (Bd. 272.)
Gibt an der Hand der Entwicklung des griechischen Sarkophags eine Entwicklungsgeschichte der gesamten griechischen Plastik in ihrem Zusammenhang mit Kultur und Religion.

Deutsche Baukunst im Mittelalter. Von Prof. Dr. Adalbert Matthaei. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen. (Bd. 8.)
Will mit der Darstellung der Entwicklung der deutschen Baukunst des Mittelalters über das Wesen der Baukunst aufklären, indem es zeigt, wie sich im Verlauf der Entwicklung die Raumvorstellung klärt und vertieft, wie das technische Können wächst und die praktischen Aufgaben sich erweitern.

Die deutsche Illustration. Von Prof. Dr. Rudolf Kautzsch. Mit 35 Abbildungen. (Bd. 44.)
Behandelt ein besonders wichtiges und lehrreiches Gebiet der Kunst und leistet zugleich, indem es an der Hand der Geschichte das Charakteristische der Illustration als Kunst zu erforschen sucht, ein gut Teil „Kunsterziehung".

Deutsche Kunst im täglichen Leben bis zum Schlusse des 18. Jahrhunderts. Von Prof. Dr. Berthold Haendcke. Mit 63 Abbildungen. (Bd. 198.)
Zeigt an der Hand zahlreicher Abbildungen, wie die angewandte Kunst im Laufe der Jahrhunderte das deutsche Heim in Burg, Schloß und Haus behaglich gemacht und geschmückt hat, wie die Gebrauchs- und Luxusgegenstände des täglichen Lebens entstanden sind und sich gewandelt haben.

Albrecht Dürer. Von Dr. Rudolf Wustmann. Mit 33 Abb. (Bd. 97.)
Eine schlichte und knappe Erzählung des gewaltigen menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Albrecht Dürers, verbunden mit einer eingehenden Analyse seiner vorzüglichsten Werke.

Rembrandt. Von Prof. Dr. Paul Schubring. Mit 50 Abb. (Bd. 158.)
Eine durch zahlreiche Abbildungen unterstützte lebensvolle Darstellung des menschlichen und künstlerischen Entwicklungsganges Rembrandts.

Ostasiatische Kunst und ihr Einfluß auf Europa. Von Direktor Prof. Dr. Richard Graul. Mit 49 Abbildungen. (Bd. 87.)
Bringt unter Mitteilung eines reichen Bildermaterials die mehr als einmal für die Entwicklung der Kunst bedeutsame Einwirkung der japanischen und chinesischen Kunst auf die europäische zur Darstellung.

Kunstpflege in Haus und Heimat. Von Superintendent Richard Bürkner. 2. Auflage. Mit 29 Abbildungen. (Bd. 77.)
Zeigt, daß gesunde Kunstpflege zu wahrem Menschentum gehört, und wie es jedermann in seinen Verhältnissen möglich ist, sie zu verwirklichen.

Geschichte der Gartenkunst. Von Reg.-Baumeister Chr. Ranck. Mit 41 Abbildungen. (Bd. 274.)
Eine Geschichte des Gartens als Kunstwerk, vom Altertum bis zu den modernen Bestrebungen.

Geschichte der Musik. Von Dr. Friedrich Spiro. (Bd. 143.)
Gibt in großen Zügen eine übersichtliche, äußerst lebendig gehaltene Darstellung von der Entwicklung der Musik vom Altertum bis zur Gegenwart mit besonderer Berücksichtigung der führenden Persönlichkeiten und der großen Strömungen.

Haydn, Mozart, Beethoven. Von Prof. Dr. Carl Krebs. Mit vier Bildnissen auf Tafeln. (Bd. 92.)
Eine Darstellung des Entwicklungsganges und der Bedeutung eines jeden der drei großen Komponisten für die Musikgeschichte. Sie gibt mit wenigen, aber scharfen Strichen ein Bild der menschlichen Persönlichkeit und des künstlerischen Wesens der drei Heroen mit Hervorhebung dessen, was ein jeder aus seiner Zeit geschöpft und was er aus Eignem hinzugebracht hat.

Die Grundlagen der Tonkunst. Versuch einer genetischen Darstellung der allgemeinen Musiklehre. Von Prof. Dr. Heinrich Rietsch. (Bd. 178.)
Ein anschauliches Entwicklungsbild der musikalischen Erscheinungen, des Stoffes der Tonkunst, wie seiner Bearbeitung und der Musik als Tonsprache.

Einführung in das Wesen der Musik. Von Prof. Carl R. Hennig. (Bd. 119.)
Untersucht das Wesen des Tones als eines Kunstmaterials, prüft die Natur der musikalischen Darstellungsmittel und erörtert die Objekte der Darstellung, indem sie klarlegt, welche Ideen im musikalischen Kunstwerke gemäß der Natur des Tonmaterials und der Darstellungsmittel zur Darstellung gebracht werden können.

Die Blütezeit der musikalischen Romantik in Deutschland. Von Dr. Edgar Istel. Mit einer Silhouette von E. T. A. Hoffmann. (Bd. 239.)
Gibt eine erstmalige Gesamtdarstellung der Epoche Schuberts und Schumanns, der an Persönlichkeiten, Schöpfungen und Anregungen reichsten der deutschen Musikgeschichte.

Das moderne Orchester. Von Prof. Dr. Fritz Volbach. Mit Partiturbeispielen und 2 Instrumententabellen. (Bd. 308.)
Gibt zum ersten Mal einen Überblick über die Entwicklungsgeschichte der Orchestrierung vom Altertum bis auf Richard Strauß.

Geschichte und Kulturgeschichte.

Die Anfänge der menschlichen Kultur. Von Prof. Dr. Ludwig Stein. (Bd. 93.)
Behandelt als Einführung in die Kulturprobleme der Gegenwart den vorgeschichtlichen Menschen, die Anfänge der Arbeitsteilung, die Anfänge der Rassenbildung sowie der wirtschaftlichen, intellektuellen, moralischen und sozialen Kultur.

Kulturbilder aus griechischen Städten. Von Oberlehrer Dr. Erich Ziebarth. Mit 22 Abbildungen im Text und auf 1 Tafel. (Bd. 131.)
Sucht auf Grund der Ausgrabungen und der inschriftlichen Denkmäler ein anschauliches Bild von dem Aussehen einer altgriechischen Stadt und von dem städtischen Leben in ihr zu entwerfen.

Pompeji, eine hellenistische Stadt in Italien. Von Hofrat Prof. Dr. Friedrich v. Duhn. Mit 62 Abbildungen. (Bd. 114.)
Sucht an dem besonders greifbaren Beispiel Pompejis die Übertragung der griechischen Kultur und Kunst nach Italien, ihr Werden zur Weltkultur und Weltkunst verständlich zu machen.

Soziale Kämpfe im alten Rom. Von Privatdozent Dr. Leo Bloch. 2. Auflage. (Bd. 22.)
Behandelt die Sozialgeschichte Roms, soweit sie mit Rücksicht auf die die Gegenwart bewegenden Fragen von allgemeinem Interesse ist.

Byzantinische Charakterköpfe. Von Privatdozent Dr. Karl Dieterich. Mit 2 Bildnissen. (Bd. 244.)
Bietet durch Charakterisierung markanter Persönlichkeiten einen Einblick in das wirkliche Wesen des gemeinhin so wenig bekannten und doch so wichtigen mittelalterlichen Byzanz.

Germanische Kultur in der Urzeit. Von Prof. Dr. Georg Steinhausen. 2. Auflage. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 75.)
Beruht auf eingehender Quellenforschung und gibt in fesselnder Darstellung einen Überblick über germanisches Leben von der Urzeit bis zur Berührung der Germanen mit der römischen Kultur.

Germanische Mythologie. Von Dr. Julius v. Negelein. (Bd. 95.)
Gibt ein Bild germanischen Glaubenslebens, indem es die Äußerungen religiösen Lebens, namentlich auch im Kultus und in den Gebräuchen des Aberglaubens aufsucht und sich überall bestrebt, das ihnen zugrunde liegende psychologische Motiv aufzudecken.

Mittelalterliche Kulturideale. Band I. Heldenleben. Von Prof. Dr. V. Vedel. (Bd. 292.)
Zeichnet auf Grund besonders der griechischen, germanischen, persischen und nordischen Heldendichtung ein Bild des heroischen Kriegerideals, um so Verständnis für die bleibende Bedeutung dieses Ideals für die Ausbildung der Kultur der Menschheit zu wecken.

Kulturgeschichte des deutschen Bauernhauses. Von Regierungsbaumeister a. D. Christian Rauch. Mit 70 Abbildungen. (Bd. 121.)
Gibt eine Entwicklungsgeschichte des deutschen Bauernhauses von der germanischen Urzeit über Skandinavien und Mittelalter bis zur Gegenwart.

Das deutsche Dorf. Von Robert Mielke. Mit 51 Abbild. (Bd. 192.)
Schildert die Entwicklung des deutschen Dorfes von den Anfängen dörflicher Siedelungen an bis in die Neuzeit, in der uns ein fast wunderbares Mosaik ländlicher Siedelungstypen entgegentritt.

Das deutsche Haus und sein Hausrat. Von Prof. Dr. Rudolf Meringer. Mit 106 Abbildungen. (Bd. 116.)
Will das Interesse an dem deutschen Hause, wie es geworden ist, fördern, indem es das „Herdhaus", das oberdeutsche Haus, die Einrichtung der für dieses charakteristischen Stube, den Ofen, den Tisch, das Eßgerät schildert und einen Überblick über die Herkunft von Haus und Hausrat gibt.

Deutsche Städte und Bürger im Mittelalter. Von Prof. Dr. B. Heil. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen und 1 Doppeltafel. (Bd. 43.)
Stellt die geschichtliche Entwicklung dar, schildert die wirtschaftlichen, sozialen und staatsrechtlichen Verhältnisse und gibt ein zusammenfassendes Bild von der äußeren Erscheinung und dem inneren Leben der deutschen Städte.

Deutsche Volksfeste und Volkssitten. Von Hermann S. Rehm. Mit 11 Abbildungen. (Bd. 214.)
Will durch die Schilderung der wichtigsten deutschen Volksfeste und Bräuche Teilnahme und Verständnis für sie als Äußerungen des Seelenlebens unseres Volkes neu erwecken und beleben.

Historische Städtebilder aus Holland und Niederdeutschland. Von Regierungs-Baumeister a. D. Albert Erbe. Mit 59 Abbildungen. (Bd. 117.)
Will dem Sinn für die Reize der alten malerischen Städtebilder durch eine Schilderung der eigenartigen Herrlichkeit Alt-Hollands wie Niederdeutschlands, ferner Danzigs, Lübecks, Bremens und Hamburgs nicht nur vom rein künstlerischen, sondern auch vom kulturgeschichtlichen Standpunkt aus entgegen kommen.

Das deutsche Handwerk in seiner kulturgeschichtlichen Entwicklung. Von Direktor Dr. Eduard Otto. 3. Auflage. Mit 27 Abbildungen. (Bd. 14.)
Eine Darstellung der Entwicklung des deutschen Handwerks bis in die neueste Zeit und der Handwerkerbewegungen des 19. Jahrhunderts wie des älteren Handwerkslebens, seiner Sitten, Bräuche und Dichtung.

Deutsches Frauenleben im Wandel der Jahrhunderte. Von Dir. Dr. Eduard Otto. 2. Auflage. Mit 27 Abbildungen. (Bd. 45.)
Gibt ein Bild des deutschen Frauenlebens von der Urzeit bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts, von Denken und Fühlen, Stellung und Wirksamkeit der deutschen Frau, wie sie sich im Wandel der Jahrhunderte darstellt.

Das Buchgewerbe und die Kultur. Sechs Vorträge, gehalten im Auftrage des Deutschen Buchgewerbevereins. Mit 1 Abbildung. (Bd. 182.)
Inhalt: Buchgewerbe und Wissenschaft: Prof. Dr. Rudolf Focke. — Buchgewerbe und Literatur: Prof. Dr. Georg Witkowski. — Buchgewerbe und Kunst: Prof. Dr. Rudolf Kautzsch. — Buchgewerbe und Religion: Privatdozent Lic. Dr. Heinrich Hermelink. — Buchgewerbe und Staat: Prof. Dr. Robert Wuttke. — Buchgewerbe und Volkswirtschaft: Prof. Dr. Heinrich Waentig.
Will für das mit sämtlichen Gebieten deutscher Kultur durch tausend Fäden verknüpfte Buchgewerbe verständnisvolle Freunde, tatkräftige Berufsgenossen werben.

Die Münze als historisches Denkmal sowie ihre Bedeutung im Rechts- und Wirtschaftsleben. Von Dr. Arnold Luschin v. Ebengreuth. Mit 53 Abbildungen. (Bd. 91.)
Zeigt, wie Münzen zur Aufhellung der wirtschaftlichen Zustände und der Rechtseinrichtungen früherer Zeiten dienen; legt die verschiedenen Arten von Münzen, ihre äußeren und inneren Merkmale sowie ihre Herstellung in historischer Entwicklung dar und gibt im Anschluß daran Münzensammlern beherzigenswerte Winke.

Von Luther zu Bismarck. 12 Charakterbilder aus deutscher Geschichte. Von Prof. Dr. Ottocar Weber. 2 Bände. (Bd. 123. 124.)
Ein knappes und doch eindrucksvolles Bild der nationalen und kulturellen Entwicklung der Neuzeit, das aus den vier Jahrhunderten je drei Persönlichkeiten herausgreift, die bestimmend eingegriffen haben in den Werdegang deutscher Geschichte.

Friedrich der Große. Sechs Vorträge. Von Privatdozent Theodor Bitterauf. Mit 2 Bildnissen. (Bd. 246.)
Schildert in knapper, wohldurchdachter, durch charakteristische Selbstzeugnisse und authentische Äußerungen bedeutender Zeitgenossen belebter Darstellung des großen Königs Leben und Wirken, das den Grund gelegt hat für die ganze spätere geschichtliche und kulturelle Entwicklung Deutschlands.

Politische Hauptströmungen in Europa im 19. Jahrhundert. Von Prof. Dr. Karl Theodor v. Heigel. (Bd. 129.)
Bietet eine knappe Darstellung der wichtigsten politischen Ereignisse im 19. Jahrhundert, womit eine Schilderung der politischen Ideen Hand in Hand geht, und wobei der innere Zusammenhang der einzelnen Vorgänge dargelegt, auch Sinnesart und Taten wenigstens der einflußreichsten Persönlichkeiten gewürdigt werden.

Restauration und Revolution. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. 2. Aufl. (Bd. 37.)

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Die Reaktion und die neue Ära. Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der Gegenwart. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. (Bd. 101.)

Vom Bund zum Reich. Neue Skizzen zur Entwicklungsgeschichte der deutschen Einheit. Von Prof. Dr. Richard Schwemer. (Bd. 102.)

Die 3 Bände geben zusammen eine in Auffassung und Darstellung durchaus eigenartige Geschichte des deutschen Volkes im 19. Jahrhundert. „Restauration und Revolution" behandelt das Leben und Streben des deutschen Volkes von dem ersten Aufleuchten des Gedankens des nationalen Staates bis zu dem tragischen Fehlschlagen aller Hoffnungen in der Mitte des Jahrhunderts. „Die Reaktion und die neue Ära", beginnend mit der Zeit der Ermattung nach dem großen Aufschwung von 1848, stellt in den Mittelpunkt den Prinzen von Preußen und Otto von Bismarcks Schaffen. „Vom Bund zum Reich" zeigt uns Bismarck mit sicherer Hand die Grundlage des Reiches vorbereitend und dann immer entschiedener allem Geschehenen das Gepräge seines Geistes verleihend.

1848. Sechs Vorträge. Von Prof. Dr. Ottocar Weber. 2. Aufl. (Bd. 53.)

Sucht in kritischer, abwägender Darstellung den einzelnen Ständen und Parteien, den rechts und links auftretenden Extremen gerecht zu werden und hebt besonders den großartigen deutschnationalen Aufschwung jenes Jahres hervor.

Das Zeitalter der Entdeckungen. Von Prof. Dr. Siegmund Günther. 2. Auflage. Mit einer Weltkarte. (Bd. 26.)

Schildert die großen weltbewegenden Ereignisse der geographischen Renaissancezeit von der Begründung der portugiesischen Kolonialherrschaft und den Fahrten des Kolumbus an bis zu dem Hervortreten der französischen, britischen und holländischen Seefahrer.

Englands Weltmacht in ihrer Entwicklung vom 17. Jahrh. bis auf unsere Tage. Von Prof. Dr. Wilh. Langenbeck. Mit 19 Bildnissen. (Bd. 174.)

Eine großzügige und fesselnde Darstellung der für uns so bedeutsamen Entwicklung des britischen Weltreichs, seiner inneren und äußeren Ausgestaltung als einer der gewaltigsten Erscheinungen der Weltgeschichte.

Napoleon I. Von Privatdozent Dr. Theodor Bitterauf. Mit einem Bildnis Napoleons. (Bd. 195.)

Will zum Verständnis für das System Napoleons führen und zeigen, wie die napoleonischen Kriege nur unter dem Gesichtswinkel der imperialistischen Politik zu verstehen sind.

Österreichs innere Geschichte von 1848 bis 1907. Von Richard Charmatz. 2 Bände. (Bd. 242. 243.)

Band I: Die Vorherrschaft der Deutschen. (Bd. 242.)
Band II: Der Kampf der Nationen. (Bd. 243.)

Gibt zum ersten Male in lebendiger und klarer Sprache eine Gesamtdarstellung der Entstehung des modernen Österreichs, seiner interessanten, durch das Zusammenwirken der verschiedensten Faktoren bedingten innerpolitischen Entwicklung seit 1848.

Geschichte der Vereinigten Staaten von Amerika. Von Prof. Dr. Ernst Daenell. (Bd. 147.)

Gibt eine übersichtliche Darstellung der geschichtlichen, kulturgeschichtlichen und wirtschaftlichen Entwicklung der Vereinigten Staaten mit besonderer Berücksichtigung der verschiedenen politischen, ethnographischen, sozialen und wirtschaftlichen Probleme der Gegenwart.

Vom Kriegswesen im 19. Jahrhundert. Zwanglose Skizzen von Major Otto von Sothen. Mit 9 Übersichtskarten. (Bd. 59.)

In einzelnen Abschnitten wird insbesondere die Napoleonische und Moltkesche Kriegführung an Beispielen (Jena-Königgrätz-Sedan) dargestellt und durch Kartenskizzen erläutert. Damit verbunden sind kurze Schilderungen der preußischen Armee von 1806 und nach den Befreiungskriegen sowie nach der Reorganisation von 1860, endlich des deutschen Heeres von 1870 bis zur Gegenwart.

Der Krieg im Zeitalter des Verkehrs und der Technik. Von Alfred Meyer, Hauptmann im Kgl. Sächs. Inf.-Reg. Nr. 133 in Zwickau. Mit 3 Abbildungen im Text und zwei Tafeln. (Bd. 271.)

Stellt die ungeheuren Umwälzungen dar, welche die Entwicklung des modernen Verkehrswesens und der modernen Technik auf das Kriegswesen ausgeübt hat, wie sie bei einem europäischen Krieg der Zukunft in die Erscheinung treten würden.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Der Seekrieg. Eine geschichtliche Entwicklung vom Zeitalter der Entdeckungen bis zur Gegenwart. Von Kurt Freiherr von Maltzahn, Vize-Admiral a. D. (Bd. 99.)

Bringt den Seekrieg als Kriegsmittel wie als Mittel der Politik zur Darstellung, indem es zunächst die Entwicklung der Kriegsflotte und der Seekriegsmittel schildert und dann die heutigen Weltwirtschaftsstaaten und den Seekrieg behandelt.

Die moderne Friedensbewegung. Von Alfred H. Fried. (Bd. 157.)

Entwickelt das Wesen und die Ziele der Friedensbewegung, gibt eine Darstellung der Schiedsgerichtsbarkeit in ihrer Entwicklung und ihrem gegenwärtigen Umfang sowie des Abrüstungsproblemes und gibt zum Schluß einen eingehenden Überblick über die Geschichte der Friedensbewegung und eine chronologische Darstellung der für sie bedeutsamen Ereignisse.

Die moderne Frauenbewegung. Ein geschichtlicher Überblick. Von Dr. Käthe Schirmacher. 2. Auflage. (Bd. 67.)

Unterrichtet eingehend und zuverlässig über die moderne Frauenbewegung aller Länder auf den Gebieten der Bildung, Arbeit, Sittlichkeit, Soziologie und Politik.

Hierzu siehe ferner:

H. v. Soden, Palästina und seine Geschichte. S. 3. **Thomsen,** Palästina nach den neuesten Ausgrabungen. S. 3. **Neurath,** Antike Wirtschaftsgeschichte. S. 15. **Geffcken,** Aus der Werdezeit des Christentums. S. 4. **Sell,** Christentum und Weltgeschichte. S. 4. **Weise,** Die deutschen Volksstämme und Landschaften. S. 17. **Matthaei,** Deutsche Baukunst im Mittelalter. S. 8. **Bähnisch,** Die deutschen Personennamen. S. 7. **Böckel,** Die deutsche Volkssage. S. 7. **Bruinier,** Das deutsche Volkslied. S. 7. **Paulsen,** Das deutsche Bildungswesen in seiner geschichtlichen Entwicklung. S. 1. **Knabe,** Geschichte des deutschen Schulwesens. S. 1. **Bruchmüller,** Der Leipziger Student von 1409—1909. S. 1. **Boehmer,** Luther im Lichte der neueren Forschung. S. 4. **Sodeur,** Johann Calvin. S. 4. **Boehmer,** Die Jesuiten. S. 4. **Muckle,** Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. S. 14. **Pohle,** Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im 19. Jahrhundert. S. 14. **Laughlin,** Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. S. 14. **Schmidt,** Geschichte des Welthandels. S. 14. **Fried,** Internationales Leben der Gegenwart. S. 14. **Wislicenus,** Der Kalender. S. 24. **Weise,** Schrift- und Buchwesen. S. 7. **Ranck,** Geschichte der Gartenkunst. S. 9.

Rechts- und Staatswissenschaft. Volkswirtschaft.

Deutsches Fürstentum und deutsches Verfassungswesen. Von Prof. Dr. Eduard Hubrich. (Bd. 80.)

Zeigt den Weg, auf dem deutsches Fürstentum und deutsche Volksfreiheit zu dem in der Gegenwart geltenden wechselseitigen Ausgleich gelangt sind, unter besonderer Berücksichtigung der Entwicklungsgeschichte der preußischen Verfassung.

Grundzüge der Verfassung des Deutschen Reiches. Von Prof. Dr. Edgar Loening. 3. Auflage. (Bd. 34.)

Eine durch geschichtliche Rückblicke und Vergleiche das Verständnis des geltenden Rechtes fördernde Einführung in das Verfassungsrecht des Deutschen Reiches, soweit seine Kenntnis für jeden Deutschen erforderlich ist.

Finanzwissenschaft. Von Dr. S. P. Altmann. (Bd. 306.)

Ein Überblick über das Gesamtgebiet der Finanzwissenschaft, der jedem die Möglichkeit einer objektiv-wissenschaftlichen Beurteilung der Reichsfinanzreform bietet.

Soziale Bewegungen und Theorien bis zur modernen Arbeiterbewegung. Von Gustav Maier. 4. Auflage. (Bd. 2.)

Schildert die sozialen Bewegungen und Theorien in ihrer geschichtlichen Entwicklung von den altorientalischen und antiken Kulturvölkern an durch das Mittelalter bis zur Entstehung des modernen Sozialismus.

Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. Von Dr. Friedrich Muckle. 2 Bände. (Bd. 269. 270.)

Band I: Die Geschichte der sozialistischen Ideen im 19. Jahrhundert. (Bd. 269.)
Band II: Proudhon und der entwicklungsgeschichtliche Sozialismus. (Bd. 270.)

Gibt eine feine philosophischen Grundlagen aufzeigende Darstellung der Entwicklung des sozialen Ideals im 19. Jahrhundert mit liebevoller Charakterisierung der Einzelpersönlichkeiten von Owen, Fourier, Weitling über Proudhon, Saint-Simon, Rodbertus bis zu Karl Marx und Lassalle.

Das internationale Leben der Gegenwart. Von Alfred H. Fried. Mit einer lithographischen Tafel. (Bd. 226.)

Ein „Baedeker für das internationale Land", der durch eine Zusammenstellung der internationalen Vereinbarungen und Einrichtungen nach ihrem Umfang und ihrer Wirksamkeit zu zeigen sucht, wie weit der internationale Zusammenschluß der Kulturwelt auf nationaler Grundlage bereits gediehen ist.

Geschichte des Welthandels. Von Oberlehrer Dr. Max Georg Schmidt. (Bd. 118.)

Behandelt die Entwicklung des Handels vom Altertum an über das Mittelalter, in dem Konstantinopel, seit den Kreuzzügen Italien und Deutschland den Weltverkehr beherrschen, zur Neuzeit, die mit der Entdeckung Amerikas beginnt, und bis zur Gegenwart, in der auch der deutsche Kaufmann den ganzen Erdball erobert.

Geschichte d. deutschen Handels. Von Prof. Dr. W. Langenbeck. (Bd. 237.)

Schildert die Entwicklung von primitivsten prähistorischen Anfängen bis zur heutigen Weltmachtstellung des deutschen Handels mit ihren Bedingungen und gibt ein übersichtliches Bild dieses weitverzweigten Organismus.

Deutschlands Stellung in der Weltwirtschaft. Von Prof. Dr. Paul Arndt. (Bd. 179.)

Stellt unsere wirtschaftlichen Beziehungen zum Auslande sowie die Ursachen der gegenwärtigen hervorragenden Stellung Deutschlands in der Weltwirtschaft dar, erörtert die Vorteile und Gefahren dieser Stellung eingehend und behandelt endlich die vielen wirtschaftlichen und politischen Aufgaben, die sich aus Deutschlands internationaler Stellung ergeben.

Deutsches Wirtschaftsleben. Auf geographischer Grundlage geschildert von weil. Prof. Dr. Christian Gruber. 2. Auflage. Neubearbeitet von Dr. Hans Reinlein. (Bd. 42.)

Will Verständnis für den sieghaften Aufschwung unseres wirtschaftlichen Lebens seit der Wiederaufrichtung des Reichs herbeiführen und darlegen, inwieweit sich Produktion und Verkehrsbewegung auf die natürlichen Gelegenheiten, die geographischen Vorzüge unseres Vaterlandes stützen können und in ihnen sicher verankert liegen.

Die Entwicklung des deutschen Wirtschaftslebens im letzten Jahrhundert. Von Prof. Dr. Ludwig Pohle. 2. Auflage. (Bd. 57.)

Eine objektive, ruhig abwägende Darstellung der gewaltigen Umwälzung, die das deutsche Wirtschaftsleben im Laufe des einen Jahrhunderts erfahren hat.

Die deutsche Landwirtschaft. Von Dr. Walter Claaßen. Mit 15 Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 215.)

Behandelt die natürlichen Grundlagen der Bodenbereitung, die Technik und Betriebsorganisation des Bodenbaues und der Viehhaltung, die volkswirtschaftliche Bedeutung des Landbaues sowie die agrarpolitischen Fragen, ferner die Bedeutung des Menschen als Produktionsfaktor in der Landwirtschaft und andererseits die Rolle, die das Landvolk im Lebensprozesse der Nation spielt.

Innere Kolonisation. Von A. Brenning. (Bd. 261.)

Gibt in knappen Zügen ein vollständiges Bild von dem Stande der inneren Kolonisation in Deutschland als einer der volkswirtschaftlich, wie sozial und national wichtigsten Aufgaben der Gegenwart.

Aus dem amerikanischen Wirtschaftsleben. Von Prof. J. Laurence Laughlin. Mit 9 graphischen Darstellungen. (Bd. 127.)

Ein Amerikaner behandelt für deutsche Leser die wirtschaftlichen Fragen, die augenblicklich im Vordergrunde des öffentlichen Lebens in Amerika stehen.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Die Japaner und ihre wirtschaftliche Entwicklung. Von Prof. Dr. Karl Rathgen. (Bd. 72.)

Schildert auf Grund langjähriger eigener Erfahrungen Land und Leute, Staat und Wirtschaftsleben sowie die Stellung Japans im Weltverkehr und ermöglicht so ein wirkliches Verständnis für die staunenswerte innere Neugestaltung des Landes in den letzten Jahrzehnten.

Antike Wirtschaftsgeschichte. Von Dr. O. Neurath. (Bd. 258.)

Gibt auf Grund der modernen Forschungen einen gemeinverständlichen Überblick über die Wirtschaftsgeschichte der Antike unter stetem Vergleich mit modernen Verhältnissen.

Die Gartenstadtbewegung. Von Generalsekr. Hans Kampffmeyer. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 259.)

Orientiert zum ersten Male umfassend über Ursprung und Geschichte, Wege und Ziele, Bedeutung und Erfolge der Gartenstadtbewegung.

Bevölkerungslehre. Von Prof. Dr. Max Haushofer. (Bd. 50.)

Will in gedrängter Form das Wesentliche der Bevölkerungslehre geben über Ermittlung der Volkszahl, über Gliederung und Bewegung der Bevölkerung, Verhältnis der Bevölkerung zum bewohnten Boden und die Ziele der Bevölkerungspolitik.

Arbeiterschutz und Arbeiterversicherung. Von weil. Prof. Dr. Otto v. Zwiedineck-Südenhorst. (Bd. 78.)

Bietet eine gedrängte Darstellung des gemeiniglich unter dem Titel „Arbeiterfrage" behandelten Stoffes unter besonderer Berücksichtigung der Fragen der Notwendigkeit, Zweckmäßigkeit und der ökonomischen Begrenzung der einzelnen Schutzmaßnahmen und Versicherungseinrichtungen.

Die Konsumgenossenschaft. Von Prof. Dr. Franz Staudinger. (Bd. 222.)

Stellt die Konsumgenossenschaft nach ihrer Bedeutung und ihren Grundlagen, ihrer geschichtlichen Entwicklung und heutigen Organisation und in ihren Kämpfen und Zukunftsaussichten dar.

Die Frauenarbeit. Ein Problem des Kapitalismus. Von Privatdozent Dr. Robert Wilbrandt. (Bd. 106.)

Behandelt von dem Verhältnis von Beruf und Mutterschaft aus, als dem zentralen Problem der ganzen Frage, die Ursachen der niedrigen Bezahlung der weiblichen Arbeit, die daraus entstehenden Schwierigkeiten in der Konkurrenz der Frauen mit den Männern, den Gegensatz von Arbeiterinnenschutz und Befreiung der weiblichen Arbeit.

Grundzüge des Versicherungswesens. Von Prof. Dr. Alfred Manes. (Bd. 105.)

Behandelt die Stellung der Versicherung im Wirtschaftsleben, ihre Entwicklung und Organisation, den Geschäftsgang eines Versicherungsbetriebs, die Versicherungspolitik, das Versicherungsvertragsrecht und die Versicherungswissenschaft, ebenso die einzelnen Zweige der Versicherung, wie Lebensversicherung, Unfallversicherung usw.

Verkehrsentwicklung in Deutschland. 1800—1900. Vorträge über Deutschlands Eisenbahnen und Binnenwasserstraßen, ihre Entwicklung und Verwaltung sowie ihre Bedeutung für die heutige Volkswirtschaft. Von Prof. Dr. Walter Lotz. 3. Auflage, fortgeführt bis 1909. (Bd. 15.)

Gibt nach einer kurzen Übersicht über die Hauptfortschritte in den Verkehrsmitteln eine Geschichte des Eisenbahnwesens, schildert den heutigen Stand der Eisenbahnverfassung, das Güter- und das Personentarifwesen, die Reformversuche und die Reformfrage, ferner die Bedeutung der Binnenwasserstraßen und endlich die Wirkungen der modernen Verkehrsmittel.

Das Postwesen, seine Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. (Bd. 165.)

Eine umfassende Darstellung des gesamten Postwesens unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung sowie der Bedürfnisse der Praxis.

Die Telegraphie in ihrer Entwicklung und Bedeutung. Von Postrat Johannes Bruns. Mit 4 Figuren. (Bd. 183.)

Gibt auf der Grundlage eingehender praktischer Kenntnis der einschlägigen Verhältnisse einen Einblick in das für die heutige Kultur so bedeutungsvolle Gebiet der Telegraphie und seine großartigen Fortschritte.

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegrapheninspektor Helmut Brick. Mit 58 Abbildungen. (Bd. 231.)
Schildert unter klarer Veranschaulichung der zugrundeliegenden Prinzipien den Entwicklungsgang der Telegraphen- und Fernsprechtechnik von Flammenzeichen und Rufposten bis zum modernen Mehrfach- und Maschinentelegraphen und von Philipp Reis' und Graham Bells Erfindung bis zur Einrichtung unserer großen Fernsprechämter.

Deutsche Schiffahrt und Schiffahrtspolitik der Gegenwart. Von Prof. Dr. Karl Thieß. (Bd. 169.)
Gibt in übersichtlicher Darstellung der großen für ihre Entwicklung und ihr Gedeihen in Betracht kommenden volkswirtschaftlichen Gesichtspunkte eine Nationalökonomik der deutschen Schiffahrt.

Moderne Rechtsprobleme. Von Prof. Josef Kohler. (Bd. 128.)
Behandelt nach einem einleitenden Abschnitte über Rechtsphilosophie die wichtigsten und interessantesten Probleme der modernen Rechtspflege, insbesondere die des Strafrechts, des Strafprozesses, des Genossenschaftsrechts, des Zivilprozesses und des Völkerrechtes.

Verbrechen und Aberglaube. Skizzen aus der volkskundlichen Kriminalistik. Von Kammergerichtsreferendar Dr. Albert Hellwig. (Bd. 212.)
Bietet eine Reihe interessanter Bilder aus dem Gebiete des kriminellen Aberglaubens, wie z. B. von modernen Hexenprozessen, Dampyrglauben, Sympathiekuren, verborgenen Schätzen, Meineidszeremonien usw.

Das dtsch. Zivilprozeßrecht. Von Rechtsanw. Dr. M. Strauß. (Bd. 315.)
Die erste zusammenfassende Orientierung auf Grund der neuen Zivilprozeßreform.

Die Jurisprudenz im häuslichen Leben. Für Familie und Haushalt dargestellt. Von Rechtsanwalt Paul Bienengräber. 2 Bände. (Bd. 219. 220.)
Band I: Die Familie. (Bd. 219.) Band II: Der Haushalt. (Bd. 220.)
Behandelt in anregender, durch zahlreiche, dem täglichen Leben entnommene Beispiele belebter Darstellung alle in der Familie und dem Haushalt vorkommenden Rechtsfragen und Rechtsfälle.

Ehe und Eherecht. Von Prof. Dr. Ludwig Wahrmund. (Bd. 115.)
Schildert die historische Entwicklung des Ehebegriffes nach seiner natürlichen, sittlichen und rechtlichen Seite, untersucht das Verhältnis von Staat und Kirche auf dem Gebiete des Eherechtes und behandelt darüber hinaus auch alle jene Fragen über die rechtliche Stellung der Frau und besonders der Mutter, die immer lebhafter die öffentliche Meinung beschäftigen.

Der gewerbliche Rechtsschutz in Deutschland. Von Patentanwalt Bernhard Tolksdorf. (Bd. 138.)
Behandelt die geschichtliche Entwicklung des gewerblichen Rechtsschutzes und führt in Sinn und Wesen des Patent-, Muster- und Warenzeichenrechts ein.

Die Miete nach dem Bürgerlichen Gesetzbuch. Ein Handbüchlein für Juristen, Mieter und Vermieter. Von Rechtsanwalt Dr. Max Strauß. (Bd. 194.)
Will durch eine objektive, gemeinverständliche Darstellung des Mietrechts die beiden Gruppen Mieter und Vermieter über ihr gegenseitiges Verhältnis aufklären und gleichzeitig durch Berücksichtigung der einschlägigen Literatur und Entscheidungen dem praktischen Juristen als Handbuch dienen.

Das Wahlrecht. Von Regierungsrat Dr. Oskar Poensgen. (Bd. 249.)
Bietet eine Würdigung der verschiedenen Wahlrechtssysteme und Bestimmungen sowie eine Übersicht über die heutzutage in den einzelnen Staaten geltenden Wahlrechte.

Hierzu siehe ferner:

Bloch, Soziale Kämpfe im alten Rom S. 10. Barth, Unf. Schutzgebiete nach ihren wirtschaftl. Verhältnissen. Im Lichte d. Erdkunde dargestellt S. 17. Politz, Psychologie des Verbrechers S. 6.

Erdkunde.

Mensch und Erde. Skizzen von den Wechselbeziehungen zwischen beiden. Von Prof. Dr. Alfred Kirchhoff. 3. Auflage. (Bd. 31.)
Zeigt, wie die Ländernatur auf den Menschen und seine Kultur einwirkt, durch Schilderungen allgemeiner und besonderer Art, der Steppen- und Wüstenvölker, der Entstehung von Nationen, wie Deutschland und China u. a. m.

Wirtschaftliche Erdkunde. Von weil. Prof. Dr. Christian Gruber. (Bd. 122.)
Will die ursprünglichen Zusammenhänge zwischen der natürlichen Ausstattung der einzelnen Länder und der wirtschaftlichen Kraftäußerung ihrer Bewohner klarmachen und Verständnis für die wahre Machtstellung der einzelnen Völker und Staaten erwecken.

Die deutschen Volksstämme und Landschaften. Von Prof. Dr. Oskar Weise. 3. Auflage. Mit 29 Abbildungen. (Bd. 16.)
Schildert, durch eine gute Auswahl von Städte-, Landschafts- und anderen Bildern unterstützt, die Eigenart der deutschen Gaue und Stämme, die charakteristischen Eigentümlichkeiten der Landschaft, den Einfluß auf das Temperament und die geistige Anlage der Menschen, die Leistungen hervorragender Männer, Sitten und Gebräuche, Sagen und Märchen u. a. m.

Die deutschen Kolonien. (Land und Leute.) Von Dr. Adolf Heilborn. 2. Auflage. Mit 26 Abbildungen und 2 Karten. (Bd. 98.)
Gibt eine durch Abbildungen und Karten unterstützte objektive und allseitige Darstellung der geographischen und ethnographischen Grundlagen, wie der wirtschaftlichen Entwicklung unserer deutschen Kolonien.

Unsere Schutzgebiete nach ihren wirtschaftlichen Verhältnissen. Im Lichte der Erdkunde dargestellt. Von Dr. Chr. G. Barth. (Bd. 290.)
Unsere kolonisatorischen Errungenschaften materieller und ideeller Art, wie auch die weitere Entwicklungsfähigkeit unserer Schutzgebiete werden geographisch und statistisch begründet.

Die Städte. Geographisch betrachtet. Von Prof. Dr. Kurt Hassert. Mit 21 Abbildungen. (Bd. 163.)
Erörtert die Ursachen des Entstehens, Wachsens und Vergehens der Städte, sowie ihre wirtschaftsgeographische Bedeutung und schildert das Städtebild als geographische Erscheinung.

Der Orient. Eine Länderkunde. Von Ewald Banse. (Bd. 277. 278. 279.)
Band I. Die Atlasländer. Marokko, Algerien, Tunesien. Mit 15 Abbildungen, 10 Kartenskizzen, 3 Diagrammen und 1 Tafel. (Bd. 277.)
Band II. Der arabische Orient. Mit 29 Abbildungen und 7 Diagrammen. (Bd. 278.)
Band III. Der arische Orient. (Bd. 279.)
Der erste Band gibt, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, eine lebendige Schilderung von Land, Leuten und wirtschaftlichen Verhältnissen in Marokko, Algier und Tunis, der zweite eine solche von Ägypten, Arabien, Syrien und Mesopotamien, der dritte von Kleinasien, Armenien und Iran.

Die Polarforschung. Geschichte der Entdeckungsreisen zum Nord- und Südpol von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Von Prof. Dr. Kurt Hassert. 2. Auflage. Mit 6 Karten. (Bd. 38.)
Faßt in gedrängtem Überblick die Fortschritte und wichtigsten Ergebnisse der Nord- und Südpolarforschung von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart zusammen.

Meeresforschung und Meeresleben. Von Dr. Otto Janson. 2. Aufl. Mit 41 Figuren. (Bd. 30.)
Schildert kurz und lebendig die Fortschritte der modernen Meeresuntersuchung auf geographischem, physikalisch-chemischem und biologischem Gebiete, die Verteilung von Wasser und Land auf der Erde, die Tiefen des Meeres, die physikalischen und chemischen Verhältnisse des Meerwassers, endlich die wichtigsten Organismen des Meeres, die Pflanzen und Tiere.

Die Alpen. Von Hermann Reishauer. Mit 26 Abb. u. 2 Karten. (Bd. 276.)
Gibt, durch zahlreiche Abbildungen unterstützt, eine umfassende Schilderung des Reiches der Alpen in landschaftlicher, erdgeschichtlicher, sowie klimatischer, biologischer, wirtschaftlicher und verkehrstechnischer Hinsicht.

Anthropologie. Heilwissenschaft u. Gesundheitslehre.

Der Mensch. Sechs Vorlesungen aus dem Gebiete der Anthropologie. Von Dr. Adolf Heilborn. Mit 44 Abbildungen. (Bd. 62.)
Bringt streng sachlich und doch durchaus volkstümlich das Wissen vom Ursprung des Menschen, die Entwicklungsgeschichte des Individuums, die Menschenrassen, die rassenanatomischen Verschiedenheiten und den Tertiärmenschen zur Darstellung.

Die Anatomie des Menschen. Von Prof. Dr. Karl v. Bardeleben. In 5 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 201. 202. 203. 204. 263.)

I. Teil: Allgemeine Anatomie und Entwicklungsgeschichte. Mit 69 Abbildungen. (Bd. 201.)
II. Teil: Das Skelett. Mit 53 Abbildungen. (Bd. 202.)
III. Teil: Das Muskel- und Gefäßsystem. Mit 68 Abbildungen. (Bd. 203.)
IV. Teil: Die Eingeweide (Darm, Atmungs-, Harn- u. Geschlechtsorgane). Mit 38 Abb. (Bd. 204.)
V. Teil: Statik und Mechanik des menschlichen Körpers. Mit 26 Abbildungen. (Bd. 263.)

In dieser Reihe von 5 Bänden wird die menschliche Anatomie in knappem, für gebildete Laien leicht verständlichem Texte dargestellt, wobei eine große Anzahl sorgfältig ausgewählter Abbildungen die Anschaulichkeit erhöht. Der erste Band enthält u. a. einiges aus der Geschichte der Anatomie von Homer bis zur Neuzeit, ferner die Zellen- und Gewebelehre, die Entwicklungsgeschichte, sowie Formen, Maß und Gewicht des Körpers. Im zweiten Band werden dann Skelett, Knochen und die Gelenke nebst einer Mechanik der letzteren, im dritten die bewegenden Organe des Körpers, die Muskeln, das Herz und die Gefäße, im vierten die Eingeweidelehre, namentlich der Darmtraktus, sowie die Harn- und Geschlechtsorgane, und im fünften werden die verschiedenen Ruhelagen des Körpers, Liegen, Stehen, Sitzen usw., sodann die verschiedenen Arten der Ortsbewegung, Gehen, Laufen, Tanzen, Schwimmen, Reiten usw., endlich die wichtigsten Bewegungen innerhalb des Körpers, die der Wirbelsäule, des Herzens und des Brustkorbes bei der Atmung zur Darstellung gebracht.

Bau und Tätigkeit des menschlichen Körpers. Von Privatdozent Dr. Heinrich Sachs. 2. Auflage. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 32.)

Erläutert die Einrichtung und die Tätigkeit der einzelnen Organe des Körpers und zeigt dabei vor allem, wie diese einzelnen Organe in ihrer Tätigkeit aufeinander einwirken, miteinander zusammenhängen und so den menschlichen Körper zu einem einheitlichen Ganzen machen.

Acht Vorträge aus der Gesundheitslehre. Von weil. Prof. Dr. H. Buchner. 3. Aufl., besorgt von Prof. Dr. M. v. Gruber. Mit 26 Abb. (Bd. 1.)

Unterrichtet über die äußeren Lebensbedingungen des Menschen, über das Verhältnis von Luft, Licht und Wärme zum menschlichen Körper, über Kleidung und Wohnung, Bodenverhältnisse und Wasserversorgung, die Krankheiten erzeugenden Pilze und die Infektionskrankheiten, kurz über die wichtigsten Fragen der Hygiene.

Die moderne Heilwissenschaft. Wesen und Grenzen des ärztlichen Wissens. Von Dr. Edmund Biernacki. Deutsch von Dr. S. Ebel. (Bd. 25.)

Will in den Inhalt des ärztlichen Wissens und Könnens einführen, indem die geschichtliche Entwicklung der medizinischen Grundbegriffe, die Fortschritte der modernen Heilkunst, die Beziehungen zwischen Diagnose und Therapie, sowie die Grenzen der modernen Diagnostik behandelt werden.

Der Arzt. Seine Stellung und Aufgaben im Kulturleben der Gegenwart. Ein Leitfaden der sozialen Medizin. Von Dr. med. Moritz Fürst. (Bd. 265.)

Gibt einen vollständigen Überblick über das Wesen des ärztlichen Berufes in seinen verschiedenen Betätigungen und veranschaulicht die heutige soziale Bedeutung unseres Ärztestandes.

Der Aberglaube in der Medizin und seine Gefahr für Gesundheit und Leben. Von Prof. Dr. D. von Hansemann. (Bd. 83.)

Behandelt alle menschlichen Verhältnisse, die in irgendeiner Beziehung zu Leben und Gesundheit stehen, besonders mit Rücksicht auf viele schädliche Arten des Aberglaubens, die geeignet sind, Krankheiten zu fördern, die Gesundheit herabzusetzen und auch in moralischer Beziehung zu schädigen.

Die Leibesübungen und ihre Bedeutung für die Gesundheit. Von Prof. Dr. Richard Zander. 2. Auflage. Mit 19 Abbildungen. (Bd. 13.)

Will darüber aufklären, weshalb und unter welchen Umständen die Leibesübungen segensreich wirken, indem es ihr Wesen, andererseits die in Betracht kommenden Organe bespricht; erörtert besonders die Wechselbeziehungen zwischen körperlicher und geistiger Arbeit, die Leibesübungen der Frauen, die Bedeutung des Sportes und die Gefahren der sportlichen Übertreibungen.

Ernährung und Volksnahrungsmittel. Von weil. Prof. Dr. Johannes Frentzel. 2. Auflage. Neu bearbeitet von Geh. Rat Prof. Dr. N. Zuntz. Mit 7 Abbildungen und 2 Tafeln. (Bd. 19.)

Gibt einen Überblick über die gesamte Ernährungslehre. Durch Erörterung der grundlegenden Begriffe werden die Zubereitung der Nahrung und der Verdauungsapparat besprochen und endlich die Herstellung der einzelnen Nahrungsmittel, insbesondere auch der Konserven behandelt.

Der Alkoholismus. Herausgegeben vom Zentralverband zur Bekämpfung des Alkoholismus. In 3 Bänden. (Bd. 103. 104. 145.)
Die drei Bändchen sind ein kleines wissenschaftliches Kompendium der Alkoholfrage, verfaßt von den besten Kennern der mit ihr zusammenhängenden sozial-hygienischen und sozial-ethischen Probleme, und enthalten eine Fülle von Material in übersichtlicher und schöner Darstellung.

Krankenpflege. Von Chefarzt Dr. Bruno Leick. (Bd. 152.)
Erörtert nach einem Überblick über Bau und Funktion der inneren Organe und deren hauptsächlichste Erkrankungen die hierbei zu ergreifenden Maßnahmen, wobei besonders eingehend die Pflege bei Infektionskrankheiten, sowie bei plötzlichen Unglücksfällen und Erkrankungen behandelt werden.

Vom Nervensystem, seinem Bau und seiner Bedeutung für Leib und Seele. Von Prof. Dr. Richard Zander. Mit 27 Figuren. (Bd. 48.)
Erörtert die Bedeutung der nervösen Vorgänge für den Körper, die Geistestätigkeit und das Seelenleben und sucht klarzulegen, unter welchen Bedingungen Störungen der nervösen Vorgänge auftreten, wie sie zu beseitigen und zu vermeiden sind.

Geisteskrankheiten. Von Anstaltsoberarzt Dr. Georg Ilberg. (Bd. 151.)
Erörtert an eingehend dargestellten Beispielen die wichtigsten Formen geistiger Erkrankung, um so die richtige Beurteilung der Zeichen geistiger Erkrankung und damit eine rechtzeitige verständnisvolle Behandlung derselben zu ermöglichen.

Die Geschlechtskrankheiten, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Bekämpfung und Verhütung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. Wilhelm Schumburg. Mit 4 Abbildungen und 1 Tafel. (Bd. 251.)
Gibt in sachlicher, aber rückhaltlos offener Darlegung ein Bild von dem Wesen der Geschlechtskrankheiten und von ihren Erregern, erörtert ausführlich ihre Bekämpfung und Verhütung, mit besonderer Rücksicht auf das gefährliche Treiben der Prostitution und der Kurpfuscher, die persönlichen Schutzmaßregeln, sowie die Aussichten auf erfolgreiche Behandlung.

Die fünf Sinne des Menschen. Von Prof. Dr. Josef Klemens Kreibig. 2. Auflage. Mit 30 Abbildungen. (Bd. 27.)
Eine Darstellung der einzelnen Sinnesgebiete, der Organe und ihrer Funktionsweise, der als Reiz wirkenden äußeren Ursachen, sowie der Empfindungen nach Inhalt, Stärke und Merkmalen.

Herz, Blutgefäße und Blut und ihre Erkrankungen. Von Prof. Dr. Heinrich Rosin. (Bd. 312.)
Eine allgemeinverständliche Darstellung von Bau und Funktion des Herzens und der Blutgefäße, sowie den verschiedenen Formen ihrer Erkrankungen.

Das Auge des Menschen und seine Gesundheitspflege. Von Privatdozent Dr. med. Georg Abelsdorff. Mit 15 Abbildungen. (Bd. 149.)
Schildert die Anatomie des menschlichen Auges, sowie die Leistungen des Gesichtssinnes und behandelt die Hygiene des Auges, seine Erkrankungen und Verletzungen, Kurzsichtigkeit, Vererbung usw.

Die menschliche Stimme und ihre Hygiene. Von Prof. Dr. Paul H. Gerber. Mit 20 Abbildungen. (Bd. 136.)
Nach den notwendigsten Erörterungen über das Zustandekommen und über die Natur der Töne werden der Kehlkopf des Menschen und seine Funktion als musikalisches Instrument behandelt; dann werden die Gesang- und die Sprechstimme, ihre Ausbildung, ihre Fehler und Erkrankungen, sowie deren Verhütung und Behandlung erörtert.

Das menschliche Gebiß, seine Erkrankung und Pflege. Von Zahnarzt Fritz Jäger. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 229.)
Schildert Entwicklung und Aufbau, sowie die Erkrankungen der Zähne, die Wechselbeziehungen zwischen Zahnzerstörung und Gesamtorganismus und die zur Schaffung und Erhaltung eines gesunden Gebisses dienlichen Maßnahmen.

Die Tuberkulose, ihr Wesen, ihre Verbreitung, Ursache, Verhütung und Heilung. Von Generaloberarzt Prof. Dr. Wilhelm Schumburg. Mit 1 Tafel und 8 Figuren. (Bd. 47.)
Schildert nach einem Überblick über die Verbreitung der Tuberkulose das Wesen derselben, beschäftigt sich eingehend mit dem Tuberkelbazillus, bespricht die Maßnahmen, durch die man ihn von sich fernhalten kann, und erörtert die Fragen der Heilung der Tuberkulose.

Die krankheiterregenden Bakterien. Von Privatdozent Dr. Max Loehlein. Mit 31 Abbildungen. (Bd. 307.)
Gibt eine Darstellung der wichtigsten Errungenschaften der modernen Bakteriologie und eine Übersicht über die häufigen Infektionskrankheiten nach dem Stande der neueren Forschungen.

Der Säugling, seine Ernährung und seine Pflege. Von Dr. Walter Kaupe. Mit 17 Abbildungen. (Bd. 154.)
Will der jungen Mutter oder Pflegerin in allen in Betracht kommenden Fragen den nötigen Rat erteilen. Außer der allgemeinen geistigen und körperlichen Pflege des Kindchens werden besonders die natürliche und künstliche Ernährung behandelt und für alle diese Fälle zugleich praktische Anleitung gegeben.

Gesundheitslehre für Frauen. Von weil. Privatdozent Dr. Roland Sticher. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 171.)
Unterrichtet über den Bau des weiblichen Organismus und seine Pflege vom Kindesalter an, vor allem aber eingehend über den Beruf der Frau als Gattin und Mutter.

Naturwissenschaften. Mathematik.

Die Grundbegriffe der modernen Naturlehre. Von Prof. Dr. Felix Auerbach. 2. Auflage. Mit 79 Figuren. (Bd. 40.)
Eine zusammenhängende, für jeden Gebildeten verständliche Entwicklung der in der modernen Naturlehre eine allgemeine und exakte Rolle spielenden Begriffe Raum und Bewegung, Kraft und Masse und der allgemeinen Eigenschaften der Materie, Arbeit, Energie und Entropie.

Die Lehre von der Energie. Von Dr. Alfred Stein. Mit 13 Figuren. (Bd. 257.)
Vermittelt für jeden verständlich eine Vorstellung von der umfassenden Einheitlichkeit, die durch die Aufstellung des Energiegesetzes in unsere gesamte Naturauffassung gekommen ist.

Moleküle — Atome — Weltäther. Von Prof. Dr. Gustav Mie. 2. Auflage. Mit 27 Figuren. (Bd. 58.)
Stellt die physikalische Atomlehre als die kurze, logische Zusammenfassung einer großen Menge physikalischer Tatsachen unter einem Begriffe dar, die ausführlich und nach Möglichkeit als einzelne Experimente geschildert werden.

Das Licht und die Farben. Von Prof. Dr. Leo Graetz. 2. Auflage. Mit 116 Abbildungen. (Bd. 17.)
Behandelt, ausgehend von der scheinbar geradlinigen Ausbreitung, Zurückwerfung und Brechung des Lichtes, das Wesen der Farben, die Beugungserscheinungen und die Photographie.

Sichtbare und unsichtbare Strahlen. Von Prof. Dr. Richard Börnstein und Prof. Dr. W. Marckwald. 2. Auflage. Mit 85 Abb. (Bd. 64.)
Schildert die verschiedenen Arten der Strahlen, darunter die Kathoden- und Röntgenstrahlen, die Hertzschen Wellen, die Strahlungen der radioaktiven Körper (Uran und Radium) nach ihrer Entstehung und Wirkungsweise, unter Darstellung der charakteristischen Vorgänge der Strahlung.

Einführung in die chemische Wissenschaft. Von Prof. Dr. Walter Löb. Mit 16 Figuren. (Bd. 264.)
Ermöglicht durch anschauliche Darstellung der den chemischen Vorgängen zugrunde liegenden allgemeinen Tatsachen, Begriffe und Gesetze ein gründliches Verständnis dieser und ihrer praktischen Anwendungen.

Die optischen Instrumente. Von Dr. Moritz von Rohr. Mit 84 Abbildungen. (Bd. 88.)
Gibt eine elementare Darstellung der optischen Instrumente nach den modernen Anschauungen, wobei das Ultramikroskop, die neuen Apparate zur Mikrophotographie mit ultraviolettem Licht, die Prismen- und die Zielfernrohre, die Projektionsapparate und stereoskopischen Entfernungsmesser erläutert werden.

Spektroskopie. Von Dr. L. Grebe. Mit 62 Abbildungen. (Bd. 284.)
Gibt eine von zahlreichen Abbildungen unterstützte Darstellung der spektroskopischen Forschung und ihrer weittragenden Ergebnisse für Wissenschaft und Technik.

Das Mikroskop, seine Optik, Geschichte und Anwendung. Von Dr. W. Scheffer. Mit 66 Abbildungen. (Bd. 35.)
Nach Erläuterung der optischen Konstruktion und Wirkung des Mikroskops und Darstellung der historischen Entwicklung wird eine Beschreibung der modernsten Mikroskoptypen, Hilfsapparate und Instrumente gegeben und gezeigt, wie die mikroskopische Untersuchung die Einsicht in Naturvorgänge vertieft.

Das Stereoskop und seine Anwendungen. Von Prof. Theodor Hartwig. Mit 40 Abbildungen und 19 Tafeln. (Bd. 135.)
Behandelt die verschiedenen Erscheinungen und Anwendungen der Stereoskopie, insbesondere die stereoskopischen Himmelsphotographien, die stereoskopische Darstellung mikroskopischer Objekte, das Stereoskop als Meßinstrument und die Bedeutung und Anwendung des Stereokomparators.

Die Lehre von der Wärme. Von Prof. Dr. Richard Börnstein. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 172.)
Behandelt ausführlich die Tatsachen und Gesetze der Wärmelehre, Ausdehnung erwärmter Körper und Temperaturmessung, Wärmemessung, Wärme- und Kältequellen, Wärme als Energieform, Schmelzen und Erstarren, Sieden, Verdampfen und Verflüssigen, Verhalten des Wasserdampfes in der Atmosphäre, Dampf- und andere Wärmemaschinen und schließlich die Bewegung der Wärme.

Die Physik der Kälte. Von Dr. Heinrich Alt. (Bd. 311.)
Ein Überblick über die künstliche Erzeugung tiefster Temperaturen und ihre so wichtige technische Verwendung.

Luft, Wasser, Licht und Wärme. Neun Vorträge aus dem Gebiete der Experimental-Chemie. Von Prof. Dr. Reinhart Blochmann. 3. Aufl. Mit 115 Abbildungen. (Bd. 5.)
Führt unter besonderer Berücksichtigung der alltäglichen Erscheinungen des praktischen Lebens in das Verständnis der chemischen Erscheinungen ein und zeigt die außerordentliche Bedeutung derselben für unser Wohlergehen.

Das Wasser. Von Privatdoz. Dr. O. Anselmino. Mit 44 Abb. (Bd. 291.)
Gibt eine zusammenfassende Darstellung unseres gesamten Wissens über das Wasser, dies Lebenselement der Erde, unter besonderer Berücksichtigung des praktisch Wichtigen.

Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. Von Dr. B. Bavink. Mit 7 Figuren. (Bd. 187.)
Will einen Einblick in die wichtigsten theoretischen Erkenntnisse der organischen Chemie geben und das Verständnis für ihre darauf begründeten praktischen Entdeckungen und Erfindungen vermitteln.

Der Luftstickstoff u. seine Verwertung. Von Prof. Dr. Karl Kaiser. (Bd. 313.)
Ein Überblick über Wesen, Bedeutung und Geschichte dieses wichtigsten und modernsten Problems der Agrikulturchemie bis auf die neuesten erfolgreichen Versuche zu seiner Lösung.

Die Erscheinungen des Lebens. Von Privatdozent Dr. H. Miehe. Mit 40 Figuren. (Bd. 130.)
Sucht eine umfassende Totalansicht des organischen Lebens zu geben, indem es nach einer Erörterung der spekulativen Vorstellungen über das Leben und einer Beschreibung des Protoplasmas und der Zelle die hauptsächlichsten Äußerungen des Lebens, wie Entwicklung, Ernährung, Atmung, das Sinnesleben, die Fortpflanzung, den Tod und die Variabilität behandelt.

Abstammungslehre und Darwinismus. Von Prof. Dr. Richard Hesse. 3. Auflage. Mit 37 Figuren. (Bd. 39.)
Gibt einen kurzen, aber klaren Einblick in den gegenwärtigen Stand der Abstammungslehre und sucht die Frage, wie die Umwandlung der organischen Wesen vor sich gegangen ist, nach dem neuesten Stande der Forschung zu beantworten.

Der Befruchtungsvorgang, sein Wesen und seine Bedeutung. Von Dr. Ernst Teichmann. Mit 7 Abbildungen und 4 Doppeltafeln. (Bd. 70.)
Eine gemeinverständliche, streng sachliche Darstellung der bedeutsamen Ergebnisse der modernen Forschung über das Befruchtungsproblem.

Das Werden und Vergehen der Pflanzen. Von Prof. Dr. Paul Giesevius. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 173.)
Eine leichtfaßliche Darstellung alles dessen, was uns allgemein an der Pflanze interessiert, eine kleine „Botanik des praktischen Lebens".

Vermehrung und Sexualität bei den Pflanzen. Von Prof. Dr. Ernst Küster. Mit 38 Abbildungen. (Bd. 112.)
Gibt eine kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der vegetativen Vermehrung und beschäftigt sich eingehend mit der Sexualität der Pflanzen, deren überraschend vielfache und mannigfaltige Äußerungen, ihre große Verbreitung im Pflanzenreich und ihre in allen Einzelheiten erkennbare Übereinstimmung mit der Sexualität der Tiere zur Darstellung gelangen.

Unsere wichtigsten Kulturpflanzen (die Getreidegräser). Von Prof. Dr. Karl Giesenhagen. 2. Aufl. Mit 38 Figuren. (Bd. 10.)
Behandelt die Getreidepflanzen und ihren Anbau nach botanischen wie kulturgeschichtlichen Gesichtspunkten, damit zugleich in anschaulichster Form allgemeine botanische Kenntnisse vermittelnd.

Der deutsche Wald. Von Prof. Dr. Hans Hausrath. Mit 15 Abbildungen und 2 Karten. (Bd. 153.)
Schildert unter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung die Lebensbedingungen und den Zustand unseres deutschen Waldes, die Verwendung seiner Erzeugnisse sowie seine günstige Einwirkung auf Klima, Fruchtbarkeit, Sicherheit und Gesundheit des Landes, und erörtert zum Schlusse die Pflege des Waldes. Ein Büchlein also für jeden Waldfreund.

Der Obstbau. Von Dr. Ernst Voges. Mit 13 Abbildungen. (Bd. 107.)
Will über die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen des Obstbaues sowie seine Naturgeschichte und große volkswirtschaftliche Bedeutung unterrichten. Die Geschichte des Obstbaues, das Leben des Obstbaumes, Obstbaumpflege und Obstbaumschutz, die wissenschaftliche Obstkunde, die Ästhetik des Obstbaues gelangen zur Behandlung.

Kolonialbotanik. Von Privatdoz. Dr. F. Tobler. Mit 21 Abb. (Bd. 184.)
Schildert die allgemeinen Grundlagen und Methoden tropischer Landwirtschaft und behandelt im besonderen die bekanntesten Kolonialprodukte, wie Kaffee, Zucker, Reis, Baumwolle usw.

Kaffee, Tee, Kakao und die übrigen narkotischen Getränke. Von Prof. Dr. Arwed Wieler. Mit 24 Abbildungen und 1 Karte. (Bd. 132.)
Behandelt Kaffee, Tee und Kakao, sowie Mate und Kola in bezug auf die Art und Verbreitung der Stammpflanzen, ihre Kultur und Ernte bis zur Gewinnung der fertigen Ware.

Die Pflanzenwelt des Mikroskops. Von Bürgerschullehrer Ernst Reukauf. Mit 100 Abbildungen. (Bd. 181.)
Eröffnet einen Einblick in den staunenswerten Formenreichtum des mikroskopischen Pflanzenlebens und lehrt den Ursachen ihrer wunderbaren Lebenserscheinungen nachforschen.

Die Tierwelt des Mikroskops (die Urtiere). Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 39 Abbildungen. (Bd. 160.)
Eröffnet dem Naturfreunde ein Bild reichen Lebens im Wassertropfen und sucht ihn zugleich zu eigener Beobachtung anzuleiten.

Die Beziehungen der Tiere zueinander und zur Pflanzenwelt. Von Prof. Dr. K. Kraepelin. (Bd. 79.)
Stellt in großen Zügen eine Fülle wechselseitiger Beziehungen der Organismen zueinander dar. Familienleben und Staatenbildung der Tiere, wie die interessanten Beziehungen der Tiere und Pflanzen zueinander werden geschildert.

Tierkunde. Eine Einführung in die Zoologie. Von Privatdoz. Dr. Kurt Hennings. Mit 34 Abb. (Bd. 142.)
Stellt die charakteristischen Eigenschaften aller Tiere — Bewegung und Empfindung, Stoffwechsel und Fortpflanzung — dar und sucht die Tätigkeit des Tierleibes aus seinem Bau verständlich zu machen.

Vergleichende Anatomie der Sinnesorgane der Wirbeltiere. Von Prof. Dr. Wilhelm Lubosch. Mit 107 Abbildungen. (Bd. 282.)
Gibt eine auf dem Entwicklungsgedanken aufgebaute allgemeinverständliche Darstellung eines der interessantesten Gebiete der modernen Naturforschung.

Die Stammesgeschichte unserer Haustiere. Von Prof. Dr. Carl Keller. Mit 28 Abbildungen. (Bd. 252.)
Schildert eingehend den Verlauf der Haustierwerdung, die allmählich eingetretene Umbildung der Rassen sowie insbesondere die Stammformen und Bildungsherde der einzelnen Haustiere.

Die Fortpflanzung der Tiere. Von Privatdozent Dr. Richard Goldschmidt. Mit 77 Abbildungen. (Bd. 253.)
Gewährt durch anschauliche Schilderung der zu den wechselvollsten und überraschendsten biologischen Tatsachen gehörenden Formen der tierischen Fortpflanzung sowie der Brutpflege Einblick in das mit der menschlichen Sittlichkeit in so engem Zusammenhang stehende Tatsachengebiet.

Deutsches Vogelleben. Von Prof. Dr. Alwin Voigt. (Bd. 221.)
Will durch Schilderung des deutschen Vogellebens in der Verschiedenartigkeit der Daseinsbedingungen in den wechselnden Landschaften die Kenntnis der charakteristischen Vogelarten und namentlich auch ihrer Stimmen fördern.

Vogelzug und Vogelschutz. Von Dr. Wilhelm R. Eckardt. (Bd. 218.)
Eine wissenschaftliche Erklärung der rätselhaften Tatsachen des Vogelzugs und der daraus entspringenden praktischen Forderungen des Vogelschutzes.

Korallen und andere gesteinsbildende Tiere. Von Prof. Dr. W. May. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 231.)
Schildert die gesteinsbildenden Tiere, vor allem die für den Bau der Erdrinde so wichtigen Korallen nach Bau, Lebensweise und Vorkommen.

Lebensbedingungen und Verbreitung der Tiere. Von Prof. Dr. Otto Maas. Mit 11 Karten und Abbildungen. (Bd. 139.)
Zeigt die Tierwelt als Teil des organischen Erdganzen, die Abhängigkeit der Verbreitung des Tieres von dessen Lebensbedingungen wie von der Erdgeschichte, ferner von Nahrung, Temperatur, Licht, Luft und Vegetation, wie von dem Eingreifen des Menschen, und betrachtet an der Hand von Karten die geographische Einteilung der Tierwelt.

Die Bakterien. Von Prof. Dr. Ernst Gutzeit. Mit 13 Abbild. (Bd. 233.)
Setzt, gegenüber der laienhaften Identifikation von Bakterien und Krankheiten, die allgemeine Bedeutung der Kleinlebewelt für den Kreislauf des Stoffes in der Natur und dem Haushalt des Menschen auseinander.

Die Welt der Organismen. In Entwicklung und Zusammenhang dargestellt. Von Prof. Dr. Kurt Lampert. Mit 52 Abbildungen. (Bd. 236.)
Gibt einen allgemeinverständlichen Überblick über die Gesamtheit des Tier- und Pflanzenreiches, über den Aufbau der Organismen, ihre Lebensgeschichte, ihre Abhängigkeit von der äußeren Umgebung und die Wechselbeziehungen zwischen den einzelnen Gliedern der belebten Natur.

Zwiegestalt der Geschlechter in der Tierwelt (Dimorphismus). Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 37 Abbildungen. (Bd. 148.)
Die merkwürdigen, oft erstaunlichen Verschiedenheiten in Aussehen und Bau der Tiergeschlechter werden durch zahlreiche Beispiele aus allen Gruppen auf wissenschaftlicher Grundlage dargestellt.

Die Ameisen. Von Dr. Friedrich Knauer. Mit 61 Figuren. (Bd. 94.)
Faßt die Ergebnisse der Forschungen über das Tun und Treiben einheimischer und exotischer Ameisen, über die Vielgestaltigkeit der Formen im Ameisenstaate, über die Bautätigkeit, Brutpflege und die ganze Ökonomie der Ameisen, über ihr Zusammenleben mit anderen Tieren und mit Pflanzen, und über die Sinnestätigkeit der Ameisen zusammen.

Das Süßwasser-Plankton. Von Dr. Otto Zacharias. Mit 49 Abbildungen. (Bd. 156.)
Gibt eine Anleitung zur Kenntnis jener mikroskopisch kleinen und für die Existenz der höheren Lebewesen und für die Naturgeschichte der Gewässer so wichtigen Tiere und Pflanzen. Die wichtigsten Formen werden vorgeführt und die merkwürdigen Lebensverhältnisse und -bedingungen dieser unsichtbaren Welt einfach und doch vielseitig erörtert.

Der Kampf zwischen Mensch und Tier. Von Prof. Dr. Karl Eckstein. 2. Auflage. Mit 51 Figuren. (Bd. 18.)
Der hohe wirtschaftliche Bedeutung beanspruchende Kampf zwischen Mensch und Tier erfährt eine eingehende Darstellung, wobei besonders die Kampfmittel beider Gegner, hier Schußwaffen, Fallen, Gifte oder auch besondere Wirtschaftsmethoden, dort spitzige Kralle, scharfer Zahn, furchtbares Gift, List und Gewandtheit geschildert werden.

Wind und Wetter. Von Prof. Dr. Leonhard Weber. 2. Auflage. Mit 28 Figuren und 3 Tafeln. (Bd. 55.)
Schildert die historischen Wurzeln der Meteorologie, ihre physikalischen Grundlagen und ihre Bedeutung im gesamten Gebiete des Wissens, erörtert die hauptsächlichsten Aufgaben, die dem ausübenden Meteorologen obliegen, wie die praktische Anwendung in der Wettervorhersage.

Der Bau des Weltalls. Von Prof. Dr. J. Scheiner. 3. Auflage. Mit 26 Figuren. (Bd. 24.)
Gibt eine anschauliche Darstellung vom Bau des Weltalls wie der einzelnen Weltkörper und der Mittel zu ihrer Erforschung.

Entstehung der Welt und der Erde, nach Sage und Wissenschaft. Von Geh. Regierungsrat Prof. D. M. B. Weinstein. (Bd. 223.)
Zeigt, wie die Frage der Entstehung der Welt und der Erde in den Sagen aller Völker und Zeiten und in den Theorien der Wissenschaft beantwortet worden ist.

Das astronomische Weltbild im Wandel der Zeit. Von Prof. Dr. Samuel Oppenheim. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 110.)
Schildert den Kampf des geozentrischen und heliozentrischen Weltbildes, wie er schon im Altertum bei den Griechen entstanden ist, anderthalb Jahrtausende später zu Beginn der Neuzeit durch Kopernikus von neuem aufgenommen wurde und da erst mit einem Siege des heliozentrischen Systems schloß.

Der Mond. Von Prof. Dr. Julius Franz. Mit 31 Abbild. (Bd. 90.)
Gibt die Ergebnisse der neueren Mondforschung wieder, erörtert die Mondbewegung und Mondbahn, bespricht den Einfluß des Mondes auf die Erde und behandelt die Fragen der Oberflächenbedingungen des Mondes und die charakteristischen Mondgebilde, anschaulich zusammengefaßt in „Beobachtungen eines Mondbewohners", endlich die Bewohnbarkeit des Mondes.

Die Planeten. Von Prof. Dr. Bruno Peter. Mit 18 Figuren. (Bd. 240.)
Bietet unter steter Berücksichtigung der geschichtlichen Entwicklung unserer Erkenntnis eine eingehende Darstellung der einzelnen Körper unseres Planetensystems und ihres Wesens.

Der Kalender. Von Prof. Dr. W. F. Wislicenus. (Bd. 69.)
Erklärt die für unsere Zeitrechnung bedeutsamen astronomischen Erscheinungen und schildert die historische Entwicklung des Kalenderwesens vom römischen Kalender ausgehend, den Werdegang der christlichen Kalender bis auf die neueste Zeit verfolgend, setzt ihre Einrichtungen auseinander und lehrt die Berechnung kalendarischer Angaben.

Aus der Vorzeit der Erde. Von Prof. Dr. Fritz Frech. In 5 Bänden. 2. Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 207—211.)
In 5 Bänden wird eine vollständige Darstellung der Fragen der allgemeinen Geologie und physischen Erdkunde gegeben, wobei Übersichtstabellen die Fachausdrücke und die Reihenfolge der geologischen Perioden erläutern und auf neue, vorwiegend nach Original-Photographien angefertigte Abbildungen und auf anschauliche, lebendige Schilderung besonders Wert gelegt ist.

Band I: Gebirgsbau, Erdbebenlehre und Vulkanismus. (Bd. 207.)
Band II: Kohlenbildung und Klima der Vorzeit. (Bd. 208.)
Band III: Die Arbeit des fließenden Wassers. Eine Einleitung in die physikalische Geologie. Mit 51 Abbildungen im Text und auf 3 Tafeln. (Bd. 209.)
Behandelt als eines der interessantesten Gebiete der Geologie die Arbeit fließenden Wassers, Talbildung u. Karstphänomen, Höhlenbildung u. Schlammvulkane, Wildbäche, Quellen u. Grundwasser.
Band IV: Die Arbeit des Ozeans und die chemische Tätigkeit des Wassers im allgemeinen. Mit 1 Titelbild und 51 Textabbildungen. (Bd. 210.)
Behandelt die grundlegenden erdgeschichtlichen Vorgänge der Bodenbildung und Abtragung, der Küstenbrandung und maritimen Gesteinsbildung und schließlich die Geographie der großen Ozeane in Vergangenheit und Zukunft.
Band V: Gletscher und Eiszeit. (Bd. 211.)

Arithmetik und Algebra zum Selbstunterricht. Von Prof. Dr. Paul Crantz. In 2 Bänden. Mit Figuren. (Bd. 120. 205.)
I. Teil: Die Rechnungsarten. Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten. Gleichungen zweiten Grades. 2. Auflage. Mit 9 Figuren. (Bd. 120.)
II. Teil: Gleichungen. Arithmetische und geometrische Reihen. Zinseszins- und Rentenrechnung. Komplexe Zahlen. Binomischer Lehrsatz. Mit 21 Figuren. (Bd. 205.)
Band I unterrichtet in leicht faßlicher, für das Selbststudium geeigneter eingehender Darstellung unter Beifügung ausführlich berechneter Beispiele über die sieben Rechnungsarten, die Gleichungen ersten Grades mit einer und mehreren Unbekannten und die Gleichungen zweiten Grades mit einer Unbekannten, Band II ebenso über Gleichungen höheren Grades, arithmetische und geometrische Reihen, Zinseszins- und Rentenrechnung, komplexe Zahlen und über den binomischen Lehrsatz.

Einführung in die Infinitesimalrechnung mit einer historischen Übersicht. Von Prof. Dr. Gerhard Kowalewski. Mit 18 Fig. (Bd. 197.)
Will, ohne große Kenntnis vorauszusetzen, in die moderne Behandlungsweise der Infinitesimalrechnung einführen, die die Grundlage der gesamten mathematischen Naturwissenschaft bildet.

Mathematische Spiele. Von Dr. Wilhelm Ahrens. Mit 70 Fig. (Bd. 170.)
Ein kurzweiliger und doch zuverlässiger Führer für jeden, dem das tiefere Verständnis der täglich von ihm geübten Unterhaltungsspiele Freude macht.

Das Schachspiel und seine strategischen Prinzipien. Von Dr. Max Lange. Mit den Bildnissen E. Laskers und P. Morphys, 1 Schachbrettafel und 43 Darstellungen von Übungsspielen. (Bd. 281.)
Sucht durch eingehende, leichtverständliche Einführung in die Spielgesetze sowie durch eine größere, mit Erläuterungen versehene Auswahl interessanter Schachgänge berühmter Meister diesem anregendsten und geistreichsten aller Spiele neue Freunde und Anhänger zu werben.

Hierzu siehe ferner:
Janson, Meeresforschung und Meeresleben S. 17.

Angewandte Naturwissenschaft. Technik.

Am sausenden Webstuhl der Zeit. Übersicht über die Wirkungen der Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik auf das gesamte Kulturleben. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Ing. Wilhelm Launhardt. 2. Aufl. Mit 16 Abbildungen. (Bd. 23.)
Ein geistreicher Rückblick auf die Entwicklung der Naturwissenschaften und der Technik, der die Weltwunder unserer Zeit verdankt werden.

Die Uhr. Von Reg.-Bauführer a. D. H. Bock. Mit 47 Abbild. (Bd. 216.)
Behandelt Grundlagen und Technik der Zeitmessung, sowie eingehend, durch zahlreiche technische Zeichnungen unterstützt, den Mechanismus der Zeitmesser und der feinen Präzisionsuhren nach seiner theoretischen Grundlage wie in seinen wichtigsten Teilen.

Bilder aus der Ingenieurtechnik. Von Baurat Kurt Merckel. Mit 43 Abbildungen. (Bd. 60.)
Zeigt in einer Schilderung der Ingenieurbauten der Babylonier und Assyrer, der Ingenieurtechnik der alten Aegypter unter vergleichsweiser Behandlung der modernen Irrigationsanlagen daselbst, der Schöpfungen der antiken griechischen Ingenieure, des Städtebaues im Altertum und der römischen Wasserleitungsbauten die hohen Leistungen der Völker des Altertums.

Schöpfungen der Ingenieurtechnik der Neuzeit. Von Baurat Kurt Merckel. 2. Auflage. Mit 55 Abbildungen. (Bd. 28.)
Führt eine Reihe interessanter Ingenieurbauten, die Gebirgsbahnen und die Gebirgsstraßen der Schweiz und Tirols, die großen Eisenbahnverbindungen in Asien, endlich die modernen Kanal- und Hafenbauten nach ihrer technischen und wirtschaftlichen Bedeutung vor.

Der Eisenbetonbau. Von Dipl.-Ing. E. Haimovici. Mit 81 Abb. (Bd. 275.)
Gibt eine fachmännische und dabei doch allgemein verständliche Darstellung dieses neuesten, in seiner Bedeutung für Hoch- und Tiefbau, Brücken- und Wasserbau stetig wachsenden Zweiges der Technik.

Das Eisenhüttenwesen. Von Geh. Bergrat Prof. Dr. Hermann Wedding. 3. Auflage. Mit 15 Figuren. (Bd. 20.)
Schildert, wie Eisen erzeugt und in seine Gebrauchsformen gebracht wird, wobei besonders der Hochofenprozeß nach seinen chemischen, physikalischen und geologischen Grundlagen dargestellt und die Erzeugung der verschiedenen Eisenarten und die dabei in Betracht kommenden Prozesse erörtert werden.

Die Metalle. Von Prof. Dr. Karl Scheid. 2. Auflage. Mit 16 Abb. (Bd. 29.)
Behandelt die für Kulturleben und Industrie wichtigen Metalle, die mutmaßliche Bildung der Erze, die Gewinnung der Metalle aus den Erzen, das Hüttenwesen mit seinen verschiedenen Systemen, die Fundorte der Metalle, ihre Eigenschaften, Verwendung und Verbreitung.

Mechanik. Bd. I. Die Mechanik der festen Körper. Von Geh. Regierungsrat Albrecht von Ihering. Mit 61 Abbildungen. (Bd. 303.)
Durch Anwendung der graphischen Methode und Einfügung instruktiver Beispiele eine ausgezeichnete Darstellung der Grundlehren der Mechanik der festen Körper.
Band II: Die Mechanik der flüssigen Körper. (In Vorbereitung.)
Band III: Die Mechanik der gasförmigen Körper. (In Vorbereitung.)

Maschinenelemente. Von Prof. Richard Vater. Mit 184 Abb. (Bd. 301.)
Eine Übersicht über die Fülle der einzelnen ineinandergreifenden Teile, aus denen die Maschinen zusammengesetzt sind, und ihre Wirkungsweise.

Hebezeuge. Das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper. Von Prof. Richard Vater. Mit 67 Abbildungen. (Bd. 196.)
Eine für weitere Kreise bestimmte, durch zahlreiche einfache Skizzen unterstützte Abhandlung über die Hebezeuge, wobei das Heben fester, flüssiger und luftförmiger Körper nach dem neuesten Stande der Forschungen eingehend behandelt wird.

Dampf und Dampfmaschine. Von Prof. Richard Vater. 2. Auflage. Mit 45 Abbildungen. (Bd. 63.)
Schildert die inneren Vorgänge im Dampfkessel und namentlich im Zylinder der Dampfmaschine, um so ein richtiges Verständnis des Wesens der Dampfmaschine und der in der Dampfmaschine sich abspielenden Vorgänge zu ermöglichen.

Einführung in die Theorie und den Bau der neueren Wärmekraftmaschinen (Gasmaschinen). Von Prof. Richard Vater. 3. Auflage. Mit 33 Abbildungen. (Bd. 21.)
Gibt eine die neuesten Fortschritte berücksichtigende Darstellung des Wesens, Betriebes und der Bauart der immer wichtiger werdenden Benzin-, Petroleum- und Spiritusmaschinen.

Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Wärmekraftmaschinen. Von Prof. Richard Vater. 2. Auflage. Mit 48 Abbildungen. (Bd. 86.)
Will ein Urteil über die Konkurrenz der modernen Wärmekraftmaschinen nach ihren Vor- und Nachteilen ermöglichen und weiter in Bau und Wirkungsweise der Dampfturbine einführen.

Die Wasserkraftmaschinen und die Ausnützung der Wasserkräfte. Von Geh. Regierungsrat Albrecht v. Ihering. Mit 73 Figuren. (Bd. 228.)
Führt von dem primitiven Mühlrad bis zu den großartigen Anlagen, mit denen die moderne Technik die Kraft des Wassers zu den gewaltigsten Leistungen auszunutzen versteht.

Landwirtsch. Maschinenkunde. Von Prof. Dr. Gust. Fischer. (Bd. 316.)
Ein Überblick über die verschiedenen Arten der landwirtschaftlichen Maschinen und ihre modernsten Vervollkommnungen.

Die Eisenbahnen, ihre Entstehung und gegenwärtige Verbreitung. Von Prof. Dr. Friedrich Hahn. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 71.)
Nach einem Rückblick auf die frühesten Zeiten des Eisenbahnbaues führt der Verfasser die moderne Eisenbahn im allgemeinen nach ihren Hauptmerkmalen vor. Der Bau des Bahnkörpers, der Tunnel, die großen Brückenbauten sowie der Betrieb selbst werden besprochen, schließlich ein Überblick über die geographische Verbreitung der Eisenbahnen gegeben.

Heizung und Lüftung. Von Ingenieur Johann Eugen Mayer. Mit 40 Abbildungen. (Bd. 241.)
Will über die verschiedenen Lüftungs- und Heizungsarten menschlicher Wohn- und Aufenthaltsräume orientieren und zugleich ein Bild von der modernen Lüftungs- und Heizungstechnik geben, um dadurch Interesse und Verständnis für die dabei in Betracht kommenden, in gesundheitlicher Beziehung so überaus wichtigen Gesichtspunkte zu erwecken.

Die technische Entwicklung der Eisenbahnen der Gegenwart. Von Eisenbahnbau- u. Betriebsinsp. Ernst Biedermann. Mit 50 Abb. (Bd. 144.)
Behandelt die wichtigsten Gebiete der modernen Eisenbahntechnik, Oberbau, Entwicklung und Umfang der Spurbahnnetze in den verschiedenen Ländern, die Geschichte des Lokomotivenwesens bis zur Ausbildung der Heißdampflokomotiven einerseits und des elektrischen Betriebes andererseits sowie der Sicherung des Betriebes durch Stellwerks- und Blockanlagen.

Das Automobil. Eine Einführung in Bau und Betrieb des modernen Kraftwagens. Von Ing. Karl Blau. Mit 83 Abbild. (Bd. 166.)
Gibt einen anschaulichen Überblick über das Gesamtgebiet des modernen Automobilismus, wobei besonders das Benzinautomobil, das Elektromobil und das Dampfautomobil nach ihren Kraftquellen und sonstigen technischen Einrichtungen wie Zündung, Kühlung, Bremsen, Steuerung, Bereifung usw. besprochen werden.

Grundlagen der Elektrotechnik. Von Dr. Rudolf Blochmann. Mit 128 Abbildungen. (Bd. 168.)
Eine durch lehrreiche Abbildungen unterstützte Darstellung der elektrischen Erscheinungen, ihrer Grundgesetze und ihrer Beziehungen zum Magnetismus sowie eine Einführung in das Verständnis der zahlreichen praktischen Anwendungen der Elektrizität.

Die Telegraphen- und Fernsprechtechnik in ihrer Entwicklung. Von Telegrapheninspektor Helmut Brick. Mit 58 Abbildungen. (Bd. 235.)
Eine erschöpfende Darstellung der geschichtlichen Entwicklung, der rechtlichen und technischen Grundlagen sowie der Organisation und der verschiedenen Betriebsformen des Telegraphie- und Fernsprechwesens der Erde.

Drähte und Kabel, ihre Anfertigung und Anwendung in der Elektrotechnik. Von Telegrapheninspektor Helmuth Brick. Mit 47 Abb. (Bd. 285.)
Gibt, ohne auf technische Einzelheiten einzugehen, durch Illustrationen unterstützt, nach einer elementaren Darstellung der Theorie der Leitung, einen allgemein verständlichen Überblick über die Herstellung, Beschaffenheit und Wirkungsweise aller zur Übermittlung von elektrischem Strom dienenden Leitungen.

Die Funkentelegraphie. Von Oberpostpraktikant H. Thurn. Mit 53 Illustrationen. (Bd. 167.)
Nach eingehender Darstellung des Systems Telefunken werden die für die verschiedenen Anwendungsgebiete erforderlichen Konstruktionstypen vorgeführt, wobei nach dem neuesten Stand von Wissenschaft und Technik in jüngster Zeit ausgeführte Anlagen beschrieben werden. Danach wird der Einfluß der Funkentelegraphie auf Wirtschaftsverkehr und Wirtschaftsleben sowie die Regelung der Funkentelegraphie im deutschen und internationalen Verkehr erörtert.

Nautik. Von Oberlehrer Dr. Johannes Möller. Mit 58 Fig. (Bd. 255.)
Gibt eine allgemeinverständliche Übersicht über das gesamte Gebiet der Steuermannskunst, die Mittel und Methoden, mit deren Hilfe der Seemann sein Schiff sicher über See bringt.

Die Luftschiffahrt, ihre wissenschaftlichen Grundlagen und ihre technische Entwicklung. Von Dr. Raimund Nimführ. 2. Aufl. Mit 42 Abb. (Bd. 300.)
Bietet eine umfassende Darstellung der wissenschaftlichen Grundlagen und technischen Entwicklung der Luftschiffahrt, indem es vor allem das Problem des Vogelfluges und das aerostatische und aerodynamische Prinzip des künstlichen Fluges behandelt und eine ausführliche, durch zahlreiche Abbildungen unterstützte Beschreibung der verschiedenen Konstruktionen von Luftschiffen, von der Montgolfiere bis zum Motorballon und zum modernen Aeroplan gibt.

Aus Natur und Geisteswelt.

Jeder Band geheftet M. 1.—, in Leinwand gebunden M. 1.25.

Die Beleuchtungsarten der Gegenwart. Von Dr. phil. Wilhelm Brüsch. Mit 155 Abbildungen. (Bd. 108.)

Behandelt die technischen und wissenschaftlichen Bedingungen für die Herstellung einer wirtschaftlichen Lichtquelle und die Methoden für die Beurteilung ihres wirklichen Wertes für den Verbraucher, die einzelnen Beleuchtungsarten sowohl hinsichtlich ihrer physikalischen und chemischen Grundlagen als auch ihrer Technik und Herstellung.

Bilder aus der chemischen Technik. Von Dr. Artur Müller. Mit 24 Abbildungen. (Bd. 191.)

Eine durch lehrreiche Abbildungen unterstützte Darstellung der Ziele und Hilfsmittel der chemischen Technik im allgemeinen, wie der wichtigsten Gebiete (z. B.: Schwefelsäure, Soda, Chlor, Salpetersäure, Teerdestillation, Farbstoffe) im besonderen.

Agrikulturchemie. Von Dr. P. Krische. Mit 21 Abbild. (Bd. 314.)

Eine allgemeinverständliche Übersicht über Geschichte, Aufgaben, Methoden, Resultate und Erfolge dieses volkswirtschaftlich so wichtigen Zweiges der angewandten Chemie.

Chemie und Technologie der Sprengstoffe. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Rud. Biedermann. Mit 15 Fig. (Bd. 286.)

Gibt eine allgemeinverständliche, umfassende Schilderung des Gebietes der Sprengstoffe, ihrer Geschichte und ihrer Herstellung bis zur modernen Sprengstoffgroßindustrie, ihrer Fabrikation, Zusammensetzung und Wirkungsweise sowie ihrer Anwendung auf den verschiedenen Gebieten.

Photochemie. Von Prof. Dr. Gottfried Kümmell. Mit 23 Abb. (Bd. 227.)

Erklärt in einer für jeden verständlichen Darstellung die chemischen Vorgänge und Gesetze der Einwirkung des Lichtes auf die verschiedenen Substanzen und ihre praktische Anwendung, besonders in der Photographie, bis zu dem jüngsten Verfahren der Farbenphotographie.

Elektrochemie. Von Prof. Dr. Kurt Arndt. Mit 38 Abb. (Bd. 234.)

Eröffnet einen klaren Einblick in die wissenschaftlichen Grundlagen dieses modernsten Zweiges der Chemie, um dann seine glänzenden technischen Erfolge vor Augen zu führen.

Die Naturwissenschaften im Haushalt. Von Dr. Johannes Bongardt. In 2 Bänden. Mit zahlreichen Abbildungen. (Bd. 125. 126.)

I. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für die Gesundheit der Familie? Mit 31 Abb. (Bd. 125.)
II. Teil: Wie sorgt die Hausfrau für gute Nahrung? Mit 17 Abb. (Bd. 126.)

Selbst gebildete Hausfrauen können sich Fragen nicht beantworten wie die, weshalb sie z. B. kondensierte Milch auch in der heißen Zeit in offenen Gefäßen aufbewahren können, weshalb sie hartem Wasser Soda zusetzen, weshalb Obst im kupfernen Kessel nicht erkalten soll. Da soll hier an der Hand einfacher Beispiele, unterstützt durch Experimente und Abbildungen, das naturwissenschaftliche Denken der Leserinnen so geschult werden, daß sie befähigt werden, auch solche Fragen selbst zu beantworten, die das Buch unberücksichtigt läßt.

Chemie in Küche und Haus. Von weil. Prof. Dr. Gustav Abel. 2. Aufl. von Dr. Joseph Klein. Mit einer mehrfarbigen Doppeltafel. (Bd. 76.)

Gibt eine vollständige Übersicht und Belehrung über die Natur der in Küche und Haus sich vollziehenden mannigfachen chemischen Prozesse.

Hierzu siehe ferner:

Unger, Wie ein Buch entsteht. S. 7. **Bruns**, Die Telegraphie. S. 15. **Graetz**, Das Licht und die Farben. S. 20. **Alt**, Die Physik der Kälte. S. 21. **Bavink**, Natürliche und künstliche Pflanzen- und Tierstoffe. S. 21. **Kaiser**, Der Luftstickstoff. S. 21.

VERLAG VON B. G. TEUBNER IN LEIPZIG UND BERLIN

DIE KULTUR DER GEGENWART

IHRE ENTWICKLUNG UND IHRE ZIELE

HERAUSGEGEBEN VON PROFESSOR PAUL HINNEBERG

In 4 Teilen. Lex.-8. Jeder Teil zerfällt in einzelne inhaltlich vollständig in sich abgeschlossene und einzeln käufliche Bände (Abteilungen).

Teil I: **Die geisteswissenschaftlichen Kulturgebiete.** I. Hälfte. Religion und Philosophie, Literatur, Musik und Kunst (mit vorangehender Einleitung zu dem Gesamtwerk).

Teil II: **Die geisteswissenschaftlichen Kulturgebiete.** 2. Hälfte. Staat und Gesellschaft, Recht und Wirtschaft.

Teil III: **Die naturwissenschaftlichen Kulturgebiete.** Mathematik, Anorganische und organische Naturwissenschaften, Medizin.

Teil IV: **Die technischen Kulturgebiete.** Bautechnik, Maschinentechnik, industrielle Technik, Landwirtschaftliche Technik, Handels- und Verkehrstechnik.

Die „Kultur der Gegenwart" soll **eine systematisch aufgebaute, geschichtlich begründete Gesamtdarstellung** unserer heutigen Kultur darbieten, indem sie die Fundamentalergebnisse der einzelnen Kulturgebiete nach ihrer Bedeutung für die gesamte Kultur der Gegenwart und für deren Weiterentwicklung in großen Zügen zur Darstellung bringt. Das Werk vereinigt eine **Zahl erster Namen aus allen Gebieten der Wissenschaft und Praxis** und bietet Darstellungen der einzelnen Gebiete jeweils aus der Feder des dazu Berufensten **in gemeinverständlicher, künstlerisch gewählter Sprache auf knappstem Raume.**

„... Wenden wir aber unseren Blick zu den einzelnen Leistungen, die hier in reichlichster Fülle geboten sind, dann wissen wir in der Tat nicht, was wir herausgreifen und nennen sollen. Aus jedem der angedeuteten Gebiete hat ja ein Meister seines Faches das Wichtigste kurz und übersichtlich gegeben, bald aus seiner Geschichte das Wesen des behandelten Gegenstandes erläuternd, bald ihn in mehr prinzipieller und schematischer Form vor dem Leser ausbreitend. Abgesehen von dem Wert der hervorragenden Einzelleistungen erhält das ganze Unternehmen, zu dem es gehört, seinen besonderen Wert dadurch, daß es versucht, unser Wissen und Können zu einer möglichst systematischen Einheit zu verarbeiten. Damit wird es einem gebieterischen Bedürfnis unserer aus der seelischen Zerklüftung zur Einheit strebenden Zeit gerecht und steht so da als ein bedeutsames Zeichen der Zeit." **(Deutsche Zeitung.)**

Probeheft und Sonder-Prospekte über die einzelnen Abteilungen (mit Auszug aus dem Vorwort des Herausgebers, der Inhaltsübersicht des Gesamtwerkes, dem Autoren-Verzeichnis und mit Probestücken aus dem Werke) werden auf Wunsch umsonst und postfrei vom Verlag versandt.

Bisher sind erschienen:

Die allgemeinen Grundlagen der Kultur der Gegenwart.

(I. 1.) [XV u. 671 S.] Lex.-8. 1906. Geh. ℳ 16.—, in Leinwand geb. ℳ 18.—.

Inhalt: Das Wesen der Kultur: W. Lexis. — Das moderne Bildungswesen: Fr. Paulsen. — Die wichtigsten Bildungsmittel. A. Schulen und Hochschulen. Das Volksschulwesen: G. Schöppa. Das höhere Knabenschulwesen: A. Matthias. Das höhere Mädchenschulwesen: H. Gaudig. Das Fach- und Fortbildungsschulwesen: G. Kerschensteiner. Die geisteswissenschaftliche Hochschulausbildung: Fr. Paulsen. Die naturwissenschaftliche Hochschulausbildung: W. v. Dyck. B. Museen. Kunst- und Kunstgewerbe-Museen: L. Pallat. Naturwissenschaftlich-technische Museen: K. Kraepelin. C. Ausstellungen. Kunst- und Kunstgewerbe-Ausstellungen: J. Lessing. Naturwissenschaftlich-technische Ausstellungen: O. N. Witt. D. Die Musik: G. Göhler. E. Das Theater: P. Schlenther. F. Das Zeitungswesen: K. Bücher. G. Das Buch: R. Pietschmann. H. Die Bibliotheken: F. Milkau. — Die Organisation der Wissenschaft: H. Diels.

Die orientalischen Religionen mit Einleitung „Die Anfänge der Religion und die Religion der primitiven Völker". (I. III. 1.) [VII u. 267 S.] Lex.-8. 1906. Geh. ℳ 7.—, in Leinwand geb. ℳ 9.—.

Inhalt: Die Anfänge der Religion und die Religion der primitiven Völker: Edv. Lehmann. — I. Die ägyptische Religion: Adolf Erman. — II. Die asiatischen Religionen. Die babylonisch-assyrische Religion: C. Bezold. Die indische Religion: H. Oldenberg. Die iranische Religion: H. Oldenberg. Die Religion des Islams: I. Goldziher. Der Lamaismus: A. Grünwedel. Die Religionen der Chinesen: J. J. M. de Groot. Die Religionen der Japaner: a) Der Shintoismus: K. Florenz. b) Der Buddhismus: H. Haas.

Die christliche Religion mit Einschluß der israelitisch-jüdischen Religion. (I. 4.) [X u. 752 S.] Lex.-8. 1906. Geh. ℳ 16.—, in Leinwand geb. ℳ 18.—. Auch in zwei Hälften:

I. Geschichte der christlichen Religion. Geh. ℳ 9.60, geb. ℳ 11.—.

Inhalt: Die israelitisch-jüdische Religion: J. Wellhausen. Die Religion Jesu und die Anfänge des Christentums bis zum Nicaenum (325): A. Jülicher. Kirche und Staat bis zur Gründung der Staatskirche: A. Harnack. Griechisch-orthodoxes Christentum und Kirche in Mittelalter und Neuzeit: N. Bonwetsch. Christentum und Kirche Westeuropas im Mittelalter: K. Müller. Katholisches Christentum und Kirche in der Neuzeit: F. X. Funk. Protestantisches Christentum und Kirche in der Neuzeit: E. Troeltsch.

II. Systematische christliche Theologie. Geh. ℳ 6.60, geb. ℳ 8.—

Inhalt: Wesen der Religion und der Religionswissenschaft: E. Troeltsch. Christlich-katholische Dogmatik: J. Pohle. Christlich-katholische Ethik: J. Mausbach. Christlich-katholische praktische Theologie: C. Krieg. Christlich-protestantische Dogmatik: W. Herrmann. Christlich-protestantische Ethik: R. Seeberg. Christlich-protestantische praktische Theologie: W. Faber. Die Zukunftsaufgaben der Religion und der Religionswissenschaft: H. J. Holtzmann.

Allgemeine Geschichte der Philosophie. (I. 5.) [VIII u. 572 S.] Lex.-8. 1909. Geh. ℳ 12.—, in Leinwand geb. ℳ 14.—.

Inhalt: Einleitung. Die Anfänge der Philosophie und die Philosophie der primitiven Völker: Wilhelm Wundt. I. Die indische Philosophie: Hermann Oldenberg. II. Die islamische und die jüdische Philosophie: Ignaz Goldziher. III. Die chinesische Philosophie: Wilhelm Grube. IV. Die japanische Philosophie: Tetsujiro Inouye. V. Die europäische Philosophie des Altertums: Hans von Arnim. VI. Die europäische Philosophie des Mittelalters: Clemens Bäumker. VII. Die neuere Philosophie: Wilh. Windelband.

Systematische Philosophie. (I. 6.) 2., durchgesehene Aufl. [X u. 435 S.] Lex.-8. 1908. Geh. ℳ 10.—, in Leinwand geb. ℳ 12.—.

Inhalt: Allgemeines. Das Wesen der Philosophie: Wilhelm Dilthey. Die einzelnen Teilgebiete. I. Logik und Erkenntnistheorie: Alois Riehl. II. Metaphysik: Wilhelm Wundt. III. Naturphilosophie: Wilhelm Ostwald. IV. Psychologie: Hermann Ebbinghaus. V. Philosophie der Geschichte: Rudolf Eucken. VI. Ethik: Friedrich Paulsen. VII. Pädagogik: Wilhelm Münch. VIII. Ästhetik: Theodor Lipps. — Die Zukunftsaufgaben der Philosophie: Friedrich Paulsen.

Die orientalischen Literaturen mit Einleitung „Die Anfänge der Literatur und die Literatur der primitiven Völker". (I. 7.) [IX u. 419 S.] Lex.-8. 1906. Geh. ℳ 10.—, in Leinwand geb. ℳ 12.—.

Inhalt: Die Anfänge der Literatur und die Lit. der primitiven Völker: E. Schmidt. — Die ägyptische Lit.: A. Erman. Die babylonisch-assyrische Lit.: C. Bezold. Die israelitische Lit.: H. Gunkel. Die aramäische Lit.: Th. Nöldeke. Die äthiopische Lit.: Th. Nöldeke. Die arabische Lit.: M. J. de Goeje. Die indische Lit.: R. Pischel. Die altpersische Lit.: K. Geldner. Die mittelpersische Lit.: P. Horn. Die neupersische Lit.: P. Horn. Die türkische Lit.: P. Horn. Die armenische Lit.: F. N. Finck. Die georgische Lit.: F. N. Finck. Die chinesische Lit.: W. Grube. Die japanische Lit.: K. Florenz.

Die griechische und lateinische Literatur und Sprache. (I. 8.) 2. Auflage. [VIII u. 494 S.] Lex.-8. 1907. Geh. ℳ 10.—, in Leinwand geb. ℳ 12.—.

Inhalt: I. Die griechische Literatur und Sprache. Die griechische Literatur des Altertums: U. v. Wilamowitz-Moellendorff. Die griechische Literatur des Mittelalters: K. Krumbacher. Die griechische Sprache: J. Wackernagel. II. Die lateinische Literatur und Sprache. Die römische Literatur des Altertums: Fr. Leo. Die lateinische Literatur im Übergang vom Altertum zum Mittelalter: E. Norden. Die lateinische Sprache: F. Skutsch.

Die osteuropäischen Literaturen und die slawischen Sprachen. (I. 9.) [VIII u. 396 S.] 1908. Geh. ℳ 10.—, in Leinwand geb. ℳ 12.—.

Inhalt: Die slawischen Sprachen: V. v. Jagić. — Die russische Literatur: A. Wesselovsky. Die polnische Literatur: A. Brückner. Die böhmische Literatur: J. Máchal. Die südslawischen Literaturen: M. Murko. Die neugriechische Literatur: O. Thumb. Die ungarische Literatur: Fr. Riedl. Die finnische Literatur: E. N. Setälä. Die estnische Literatur: G. Suits. Die litauische Literatur: A. Bezzenberger. Die lettische Literatur: E. Wolter.

Die romanischen Literaturen und Sprachen mit Einschluß des Keltischen. (I. XI. 1.) [VII u. 499 S.] Lex.-8. 1909. Geh. ℳ 12.—, in Leinwand geb. ℳ 14.—.

Inhalt: I. Die keltischen Literaturen. 1. Sprache und Literatur der Kelten im allgemeinen: Heinrich Zimmer. 2. Die einzelnen keltischen Literaturen. a) Die irisch-gälische Literatur: Kuno Meyer. b) Die schottisch-gälische und die Manx-Literatur. c) Die kymrische (walisische) Literatur. d) Die kornische und die bretonische Literatur: Ludwig Christian Stern. — II. Die romanischen Literaturen. 1. Frankreich bis zum Ende des 15. Jahrhunderts. 2. Italien bis zum Ende des 17. Jahrhunderts. 3. Die kastilische und portugiesische Literatur bis zum Ende des 17. Jahrhunderts. 4. Frankreich bis zur Romantik. 5. Die übrige Romania bis zur Romantik. 6. Das 19. Jahrhundert: Heinrich Morf. — III. Die romanischen Sprachen: Wilhelm Meyer-Lübke.

Staat und Gesellschaft der neueren Zeit (bis zur französ. Revolution). (II. V. 1.) Bearb. v. F. v. Bezold, E. Gothein und R. Koser. [VI u. 349 S.] Lex.-8. 1908. Geh. ℳ 9.—, in Lwd. geb. ℳ 11.—.

Inhalt: I. Staat und Gesellschaft des Reformationszeitalters. a) Staatensystem und Machtverschiebungen. b) Der moderne Staat und die Revolution. c) Die gesellschaftlichen Wandlungen und die neue Geisteskultur: Friedrich von Bezold. II. Staat und Gesellschaft des Zeitalters der Gegenreformation: Eberh. Gothein. III. Staat und Gesellschaft zur Höhezeit des Absolutismus. a) Tendenzen, Erfolge und Niederlagen des Absolutismus. b) Zustände der Gesellschaft. c) Abwandlungen des europäischen Staatensystems: Reinh. Koser.

Allgemeine Verfassungs- und Verwaltungsgeschichte des Staates und der Gesellschaft. (II. 2.)

Inhalt: I. Anfänge der Verfassung und der Verwaltung; Verfassung und Verwaltung der primitiven Völker: A. Vierkandt. II. Orientalische Verfassung und Verwaltung des Altertums, Mittelalters und der Neuzeit. 1. Altertum: L. Wenger. 2. Mittelalter und Neuzeit. a) Nordafrikanische und westafrikanische (islamische) Verfassung und Verwaltung: M. Hartmann. b) Ostasiatische Verfassung und Verwaltung: O. Franke. III. Europäische Verfassung und Verwaltung. 1. Altertum: L. Wenger. 2. Mittelalter: A. Luschin v. Ebengreuth. 3. Neuzeit: O. Hintze.

Staat und Gesellschaft des Orients. (II. 3.)

Inhalt: I. Anfänge des Staates und der Gesellschaft. Staat und Gesellschaft der primitiven Völker: A. Vierkandt. — II. Staat und Gesellschaft des Orients im Altertum, Mittelalter und der Neuzeit. A. Altertum. G. Maspero. B. Mittelalter und Neuzeit. 1. Staat und Gesellschaft Nordafrikas und Westasiens. (Die islamischen Völker): M. Hartmann. 2. Staat und Gesellschaft Ostasiens. a) Staat und Gesellschaft Chinas: O. Franke. b) Staat und Gesellschaft Japans: K. Rathgen.

Systematische Rechtswissenschaft. (II. 8.) [X, LX u. 526 S.] Lex.-8. 1906. Geh. ℳ 14.—, in Leinwand geb. ℳ 16.—.

Inhalt: Allgemeines Wesen des Rechtes und der Rechtswissenschaft: R. Stammler. Die einzelnen Teilgebiete: Privatrecht. Bürgerliches Recht: R. Sohm. Handels- und Wechselrecht: G. Gareis. Versicherungsrecht: V. Ehrenberg. Internationales Privatrecht: L. v. Bar. Zivilprozeßrecht: L. v. Seuffert. Strafrecht und Strafprozeßrecht: F. v. Liszt. Kirchenrecht: W. Kahl. Staatsrecht: P. Laband. Verwaltungsrecht. Justiz und Verwaltung: G. Anschütz. Polizei und Kulturpflege: E. Bernatzik. Völkerrecht: F. v. Martitz. Die Zukunftsaufgaben des Rechtes und der Rechtswissenschaft: R. Stammler.

Allgemeine Volkswirtschaftslehre. (II. X. 1.) Von W. Lexis. Geh. M. 7.—, in Leinwand geb. M. 9.—.

Inhalt. Einleitung. — Der Kreislauf der Volkswirtschaft. I. Der Wert. II. Die Nachfrage. III. Die Produktion. IV. Kapitalvermögen und Unternehmung. V. Das Angebot. VI. Die Preisbildung. VII. Handel und Preise. VIII. Das Geld. IX. Kredit- und Bankwesen. X. Der Wert der Geldeinheit. XI. Das Einkommen. XII. Näheres über Arbeitseinkommen und Kapitalgewinn. XIII. Die Grundrente. XIV. Produktion und Einkommen. XV. Krisen. XVI. Die Konsumtion. XVII. Produktion und Verteilung. XVIII. Zukunftsaussichten.

In Vorbereitung befinden sich:

Aufgaben und Methoden der Geisteswissenschaften. (I. 2.) — Europäische Religion des Altertums. (I. III. 2.) — Deutsche Literatur und Sprache. (I. 10.) — Englische Literatur und Sprache, skandinavische Literatur und allgemeine Literaturwissenschaft. (I. XI. 2.) — Die Musik. (I. 12.) — Orientalische Kunst. Europäische Kunst des Altertums. (I. 13.) — Europäische Kunst des Mittelalters und der Neuzeit. Allgemeine Kunstwissenschaft. (I. 14.) — Völker-, Länder- und Staatenkunde. (II. 1.) — Staat und Gesellschaft Europas im Altertum und Mittelalter. (II. 4.) — Staat und Gesellschaft der neuesten Zeit. (II. V. 2.) — System der Staats- und Gesellschafts-Wissenschaft. (II. 6.) — Allgemeine Rechtsgeschichte mit Geschichte der Rechtswissenschaft. (II. 7.) — Allgemeine Wirtschaftsgeschichte mit Geschichte der Volkswirtschaftslehre. (II. 9.)

Verlag von B. G. Teubner in Leipzig und Berlin

HIMMEL UND ERDE

Illustrierte naturwissenschaftliche Monatsschrift

unter ständiger Mitwirkung von

Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **Aron**, Berlin, Prof. Dr. **Donath**, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **Foerster**, Berlin, Prof. Dr. **Franz**, Breslau, Prof. Dr. **Heck**, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **Hellmann**, Berlin, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. **Neesen**, Berlin, Geh. Reg.-Rat. Prof. Dr. **Nernst**, Berlin, Prof. Dr. **Plate**, Berlin, Prof. Dr. **Ristenpart**, Santiago, Prof Dr. **Scheiner**, Potsdam, Prof. Dr. **Spies**, Posen, Prof. Dr. **Süring**, Berlin, Dr. **Thesing**, Leipzig, Geh. Bergrat Prof. Dr. **Wahnschaffe**, Berlin, Prof. Dr. **Walther**, Halle

redigiert von

Dr. P. Schwahn

Direktor der Urania

XXII. Jahrgang 1910. Jährlich 12 Hefte mit Tafeln und Abbildungen

Preis vierteljährlich M. 3.60.

Sich fernhaltend von einer seichten Popularität, die nur der Halbbildung dient, unterrichtet „Himmel und Erde" in wissenschaftlich einwandfreier, aber dennoch jedem Gebildeten verständlicher Weise den Leser über alle Fortschritte auf dem Gebiete der Naturwissenschaft und Technik. Seit den mehr denn zwei Dezennien ihres Bestehens erfreut sich die Zeitschrift der ständigen Mitarbeit der besten Namen aus allen Fachgebieten. Der reiche Bilderschmuck, der jedem Hefte beigegeben ist, und die gediegene Ausstattung machen das Blatt zu einem Schmuck für jede Bibliothek. Jedes Heft enthält eine Anzahl reich illustrierter größerer Aufsätze von namhaften Fachgelehrten, die entweder fundamentale Fragen der Naturwissenschaft und Technik oder biographische Würdigungen schöpferischer Geister auf dem Gebiete moderner Naturerkenntnis behandeln. An die größeren Aufsätze schließen sich Mitteilungen über wichtige Entdeckungen und Erfindungen, über naturwissenschaftliche und technische Kongresse, über die jeweiligen Himmelserscheinungen, außerdem Besprechungen der hervorragendsten neuen Werke auf naturwissenschaftlichem Gebiete sowie eine sorgfältig durchgearbeitete Bücherschau. So wird es dem Leser gewährleistet, daß er den Überblick nicht verliert und einerlei, ob er selbst forschend tätig ist oder mitten im praktischen Leben steht, Fühlung mit den Errungenschaften unseres naturwissenschaftlichen Zeitalters behält.

Probehefte auf Verlangen umsonst u. postfrei vom Verlag

Was spricht in unserem Heim mehr zu uns als dessen Bildschmuck?

Und doch wie g
schlimmster Art r
Empfindungsgeh
Kleinheit und Fa
Heim zu sagen, w

Welcher Art

Vor allem muß
liebe darin zum
wird es aus une

Darum darf ein B
bieten, deren wi
sodann nicht nur
Geschauten imm
kaum, das kann n
der Darstellung

Künst

(Original-Lith
bild im deutsch
farbenfroher Ku
Augen des Künst
In der Original
Stein aus, bear
Druck. Das Bild
unmittelbare Aus
an künstlerisch

Ceubners Kün
stark und leben
faltigkeit, seine
Werkstätten und
Denkmäler, seine
vor allem den St

Sie enthalten eine
in den verschie
wie das einfachste
Wert besitzen sie
Geschenken zu We

dem künstl

Illustriert

dung von

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY
BERKELEY

THIS BOOK IS DUE ON THE LAST DATE STAMPED BELOW

Books not returned on time are subject to a fine of 50c per volume after the third day overdue, increasing to $1.00 per volume after the sixth day. Books not in demand may be renewed if application is made before expiration of loan period.

JUN 25 1917

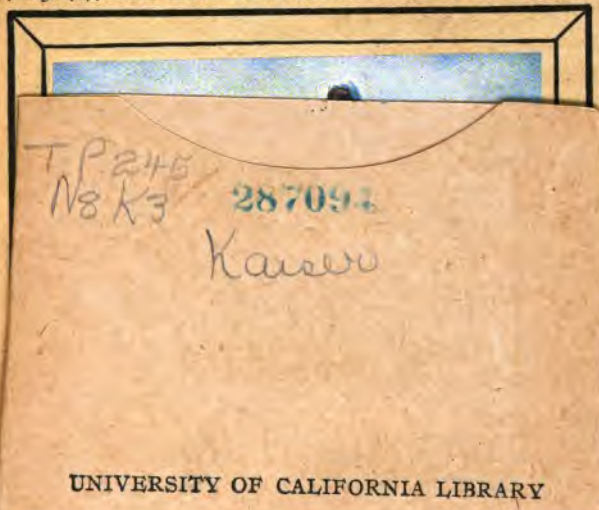
JUL 19 1920

50m-7,'16

YB 15416

Urteile über B. G. Teubners farbige Künstler-Steinzeichnungen.

„.... Doch wird man auch aus dieser nur einen beschränkten Teil der vorhandenen Bilder umfassenden Aufzählung den Reichtum des Dargebotenen erkennen. Indessen es genügt nicht, daß die Bilder da sind, sie müssen auch gekauft werden. Sie müssen vor allen Dingen an die richtige Stelle gebracht werden. Für öffentliche Gebäude und Schulen sollte das nicht schwer halten. Wenn Lehrer und Geistliche wollen, werden sie die Mittel für einige solche Bilder schon überwiesen bekommen. Dann sollte man sich vor allen Dingen in privaten Kreisen solche Bilder als willkommene Geschenke zu Weihnachten, zu Geburtstagen, Hochzeitsfesten und allen derartigen Gelegenheiten merken. Eine derartige große Lithographie in den dazu vorrätigen Künstlerrahmungen ist ein **Geschenk, das auch den verwöhntesten Geschmack** befriedigt. An den kleinen Blättern erhält man für eine Ausgabe, die auch dem bescheidensten Geldbeutel erschwinglich ist, **ein dauernd wertvolles Geschenk.**" (Türmer-Jahrbuch.)



TP 245
N8 K3
287094
Kaiser
UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

B[illegible] en
[illegible] en
[illegible] ig
herausgibt.... Wir haben hier wirklich einmal ein aus warmer Liebe zur guten Sache mit rechtem Verständnis in ehrlichem Bemühen geschaffenes Unternehmen vor uns — fördern wir es, ihm und uns zu Nutz, nach Kräften!" (Kunstwart.)

„Alt und jung war begeistert, geradezu glücklich über die Kraft malerischer Wirkungen, die hier für verhältnismäßig billigen Preis dargeboten wird. Endlich einmal etwas, was dem öden Öldruckbilde gewöhnlicher Art mit Erfolg gegenübertreten kann." (Die Hilfe.)

„Es läßt sich kaum noch etwas zum Ruhme dieser wirklich künstlerischen Steinzeichnungen sagen, die nun schon in den weitesten Kreisen des Volkes allen Beifall gefunden und — was ausschlaggebend ist — von den anspruchvollsten Kunstfreunden ebenso begehrt werden, wie von jenen, denen es längst ein vergeblicher Wunsch war, das Heim wenigstens mit einem farbigen Original zu schmücken. Was sehr selten vorkommt: hier begegnet sich wirklich einmal des Volkes Lust am Beschauen und des Kenners Freu[illegible] Wiedergabe der Außenwelt." (Kunst für Alle.)

... Es [illegible] er originalen Kunst sehen zu lernen, als an vielen [illegible] n das Auge zu verbilden und totes Wissen zu ler[illegible]. (Illustrierte Zeitung.)